



# XRF-NÄYTENAPPIPURISTIMEN JA PURISTUSTYÖKALUN SUUNNITTELU

Räisänen Heikki

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Heikki Räisänen	<b>Vuosi</b>	2018
<b>Ohjaaja</b>	TkL Lauri Kantola		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lapin AMK:n Tekniikan TKI ASM-tutkimusryhmä /Jukka Joutsenvaara		
<b>Työn nimi</b>	XRF-näytenappipuristimen ja puristustyökalun suunnittelu		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	40 + 12		

---

Tämän opinnäytetyön tilaajana oli Lapin ammattikorkeakoulun Tutkimus, Kehitys ja Innovaatiot (TKI) –organisaatiossa toimiva Arctic Steel and Mining - tutkimusryhmä. Työn tarkoituksena oli löytää mahdollisimman yksinkertainen ja toimiva ratkaisu puristettujen XRF-näytenappien valmistamiseksi. Ratkaisua valittaessa kustannustekijöillä oli suuri merkitys.

Työ voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan. Työn ensimmäisessä osassa tutustuttiin XRF-tekniikkaan yleisellä tasolla ja näytenappien valmistusprosessiin. Toisessa osassa tutustuttiin näytenappipuristimiin ja tehtiin kustannusvertailua eri vaihtoehtoista. Vaihtoehtoina oli ostaa valmis kaupallinen näytenappipuristin, modifioida yleiskäyttöistä hydrauliiikkapuristinta tai valmistaa näytenappipuristin kokonaan itse. Kolmannessa osassa suunniteltiin halkaisijaltaan 32 mm näytenappien valmistamiseen sopiva puristustyökalu.

Työssä esitetään eri näytenappipuristin vaihtoehtojen kustannuslaskelmia ja hintavertailuja. Valokuvissa on esitetty XRF-tekniikkaan liittyviä laitteita. 3D-malleilla esitetyissä kuvioissa selkiytetään näytenappipuristimen ja puristintyökalukokoonpanoja. Työssä on esitetty laitevalmistuksen suunnittelussa tarvittavia lujuusopin ja hydrauliiikan kaavoja.

<b>Avainsanat</b>	XRF, näytenappipuristin, puristustyökalu, kaivannaisteollisuus, mineralogia, teollisuuden sivuvirrat, tutkimus
-------------------	--

Technology, Communication and Transport  
Mechanical and Production Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Heikki Räisänen	Year	2018
<b>Supervisor</b>	Lauri Kantola, Lic.Sc		
<b>Commissioned by</b>	Lapland UAS, Technology RDI, ASM Research group /Jukka Joutsenvaara		
<b>Subject of thesis</b>	XRF Sample Pellet Press Machine and Die Set Tool Design		
<b>Number of pages</b>	40 + 12		

---

The work was commissioned by Arctic Steel and Mining research group which work in the organization of the Research, Development and Innovations (RDI) at the Lapland University of Applied Sciences. The purpose of the work was to find a simple and working solution as possible for making XRF sample pellets. The costs of different options had a big importance on manufacturing solutions.

The work was divided roughly into three themes. At first, XRF technology and the process of the sample pellet machine were familiarized at general level. The second thing was to become familiar with pellet press machines. Cost comparisons from different options were made additionally. The options were to buy a ready commercial pellet press machine, modify general purpose hydraulic press machine or manufacture a pellet press machine completely designed by myself. Thirdly a 32 mm die set tool was designed to make a suitable tool for sample pellets.

The estimate summary of the expenses and price comparison are presented in the different pellet press machine options. The photographs present equipment related to the XRF technology. The pellet press machine and Die set tool assemblies are presented in 3D model figures. Strength of materials and hydraulics formulas needed in the equipment design are presented in the work.

**Key words** XRF, manual hydraulic pellet press, die set tool, extractive industry, mineralogy, industrial by-products, research

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 TOIMEKSIANTAJA ARCTIC STEEL AND MINING .....	9
3 XRF-MENETELMÄ .....	10
3.1 Röntgenfluoresenssispektroskopia ( XRF).....	10
3.2 Näytteiden valmistus.....	12
4 NÄYTENAPPIPURISTIN .....	14
4.1 Hintavertailu eri vaihtoehtoille .....	15
4.2 Yleiskäyttöisen puristimen kuvaus .....	21
4.3 Puristustyökalun alustan valmistus .....	22
5 PURISTUSTYÖKALUN SUUNNITTELU .....	23
5.1 Vaihtoehdot työkalulle.....	23
5.2 Valmistusmateriaalien tekniset ominaisuudet .....	25
5.3 Puristinnapin toleranssin määrittäminen .....	27
5.4 O-rengas.....	29
5.5 Puristustyökalun käyttö .....	30
6 TYÖTURVALLISUUS .....	32
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	35
8 POHDINTA .....	36
LÄHTEET .....	37
LIITTEET .....	40

## ALKUSANAT

Kiitos Lapin Amk:lle opettajalle ja ohjaajalle Lauri Kantolalle ja ASM-tutkimusryhmän Jukka Joutsenvaaralle mielenkiintoisesta ja monipuolisesta opinnäytetyönaiheesta. Opinnäytetyötä oli mukava tehdä sen monipuolisuuden vuoksi. Työssä tarvittiin monen eri kolmen ja puolenvuoden aikana käytyjen kurssien tietoja ja taitoja, joita oli mukava samalla kerrata ja muistella menneitä. Tämä työ oli kuin minulle tehty. Siihen sisältyi muun muassa laitesuunnittelua Inventor -suunnitteluohjelmaa apuna käyttäen ja tietojen monipuolista keräämistä eri osa-alueelta.

Kiitokset veljelleni Markulle ja Nokia Networksille hyvästä XRF-aiheeseen liittyvästä lähteestä. Tämän lähteen avulla löysin muitakin hyviä lähteitä.

Oulussa 28. maaliskuuta 2018

*Heikki Räisänen*

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

a	Kiihtyvyys 9,81 m/s <sup>2</sup>
c	Compression, Tiivisteiden puristuma millimetreinä
g	Gap, sylinterin ja vastinosan välinen välily
ggo	Gasket groove-over, Tiivisteiden uran ylitys
GPa	gigapascal
HB	Hardness Brinell
HRB	Hardness Rockwell Ball
HRC	Hardness Rockwell Sphero-conical Diamond
kN	kilonewton
ml	millilitra
MPa	megapascal
t	tonni, 1000 kg
XRF	X- ray fluorescence

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Lapin AMK:n Arctic Steel and Mining -tutkimusryhmälle mineralogian laboratorion käyttöön. Työssä perehdytään XRF-näytenappipuristimiin ja selvitetään eri vaihtoehtoja puristimen toteuttamiseksi. Toimeksiantajalla olisi mahdollisuus ostaa valmis kaupallinen laboratorioon tarkoitettu näytenappipuristin, modifioida yleiskäyttöisestä hydrauliikkapuristimesta näytenappipuristin tai valmistaa näytenappipuristin itse omiin suunnitelmiin pohjautuen. Näytenappipuristimen lisäksi tarvitaan myös puristustyökalu, jonka suunnittelu sisältyy työhön. Puristustyökalulla puristetaan jauhemaista epäorgaanista ainetta sisältävistä näytemateriaaleista kiinteitä ja tasalaatuisia näytteitä, joita analysoidaan XRF-analysaattorilla.

Esimerkiksi kaivos- ja terästeollisuuden sekä arktisten teollisuuden ja kiertotalouden sivuvirtojen toimeksiannot tarvitsevat tarkempaa ja luotettavampaa tietoa mineraalien alkuainepitoisuuksista. Kiinteäksi puristetusta näytteestä on luotettavampaa tehdä alkuaineanalyyysiä mineralogian laboratoriossa kuin jauheista tai muruista.

Opinnäytetyön voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäinen käsittelee yleisesti XRF-menetelmää sekä siihen liittyvää laitteistoa ja tekniikkaa yleisesti. Työskenneltäessä röntgensäteilyä lähettävän laitteen kanssa on turvallisuus ja riskien tunnistaminen erityisen tärkeää.

Toisena vaiheena on päättää hintatietojen perusteella. Ostetaanko valmis mineralogian laboratorioon tarkoitettu näytenappipuristin, modifioidaanko yleiskäyttöisestä hydrauliikkapuristimesta näytteen valmistukseen soveltuva näytenappipuristin vai suunnitellaanko ja valmistetaanko alusta alkaen uusi näytenappipuristin.

Kolmantena vaiheena on suunnitella ja valmistaa näytteiden puristamiseen tarvittava puristustyökalu. Puristustyökalun suunnittelussa on huomioitava materiaalikulut ja puristustyökalun rakenne, mikä vaikuttaa valmistuskustannuksiin.

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja mahdollisesti myös valmistaa toimiva ja mahdollisimman yksinkertainen näytenappipuristin ja siihen kuuluva näytteiden puristustyökalu, josta on hyötyä Arctic Steel and Mining - tutkimusryhmälle. Näytenappipuristimen ja puristustyökalun hinnan tulee olla alhainen sekä mahdollisimman helposti ja vaivattomasti toteutettavissa.

Toisena tavoitteena on oppia mahdollisimman paljon opinnäytetyön aiheeseen liittyvistä asioista kokonaisuudessaan yleisellä tasolla. Työssä ei paneuduta syvällisesti XRF-maailmaan, vaan lähinnä tutustutaan perusteisiin ja siihen miten valmistetaan näytenappeja XRF-analysaattoria varten.

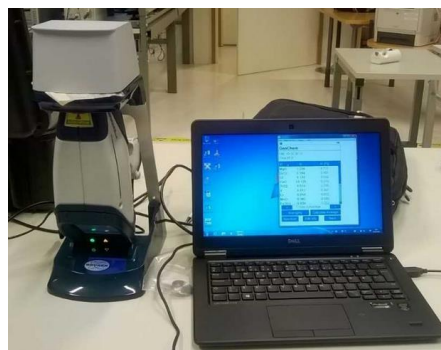


## 2 TOIMEKSIANTAJA ARCTIC STEEL AND MINING

Arctic Steel and Mining (ASM) on Lapin AMK:ssa toimiva tekniikan TKI tutkimusryhmä. Tutkimusryhmän vetäjänä toimii DI Rauno Toppila. Tutkimusryhmään kuuluu eri materiaali- ja kaivannaisalan asiantuntijoita. ASM:n osaamisalueeseen kuuluvat muun muassa materiaalien käytettävyyden tutkimus, kaivannaisteollisuuden projektit ja toimeksiannot sekä arktisen teollisuuden ja kiertotalouden tutkimusaiheet. Ryhmä toimiikin eri metallialan yritysten tuotekehityksissä ongelmien ratkaisemisen ja koulutuksen apuna.

ASM-ryhmän yhteistyökumppaneista voidaan mainita muun muassa SSAB, jonka kanssa ASM tekee tutkimustyötä ultralujien rakenne- ja kulutusterästen osalta. Ruostumattomien terästen osalta yhteistyötä tehdään Outokummun Tornion tutkimuskeskuksen kanssa.

ASM-ryhmän tavoitteena on parantaa näytenappipuristimen avulla XRF-näytteiden analyysituloksia. Tulosten tarkkuus paranee, kun analysoitavat näytteet on puristettu kiinteiksi näytenapeiksi. Lapin AMK:n Kemin kampukselta löytyy käsikäyttöinen Bruker S1 Titan XRF-analysaattori (Kuva 1). Analyysin tulokset voidaan lukea tietokoneella.



Kuva 1. Käsikäyttöinen XRF-analysaattori kytkettynä tietokoneeseen (Joutsenvaara 2018b)

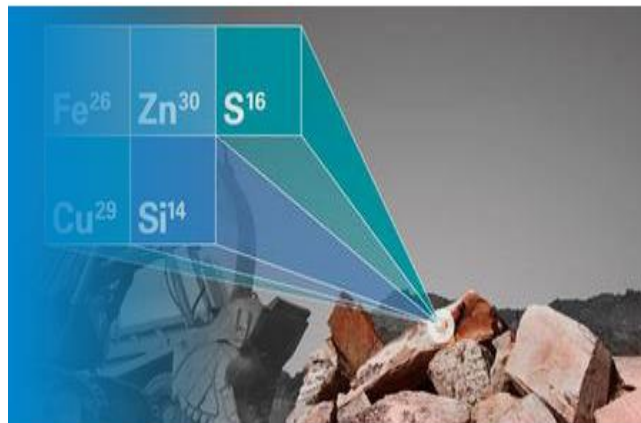
Näytenappipuristin puristustyökaluineen mahdollistaa luotettavan näytteiden valmistuksen paikan päällä Kemissä. Näin ollen näytteitä ei tarvitse lähettää muualle puristettavaksi, mikä vie aikaa. Lähin näytenappipuristin löytyy Kajaanin AMK:n tiloista

### 3 XRF-MENETELMÄ

#### 3.1 Röntgenfluoresenssispektroskopia ( XRF)

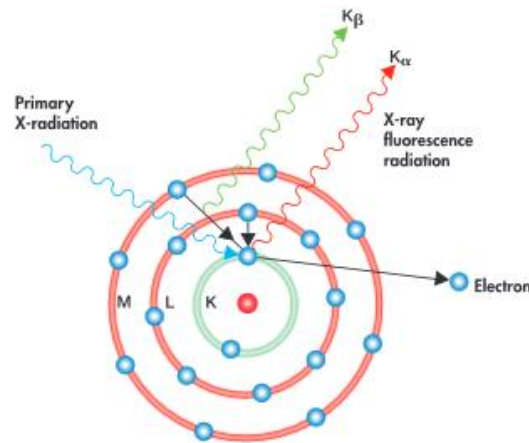
XRF-menetelmällä tutkitaan epäorgaanisia aineita ja se soveltuu hyvin metallien ja malmien maaperästä otettujen näytteiden alkuainepitoisuuksien määrittämiseen. Kuviossa 1 havainnollistetaan, kuinka XRF löytää alkuaineet kivinäytteistä. (Bruker 2018.) *”Tyypillisiä näytteitä ovat geologiset kivet, kivennäisaineet, kuivatut maaperä ja hiekka, sementti, kuonat, keramiikka, katalysaattorit, lasi, lääkkeet, kuivatut kasvit ja eläinkudokset siemenet ja monet muut näytteen tyypit, jotka vaativat hienojakoista partikkelikokoa”* (Chemplex 2018a).

XRF-menetelmää hyödynnetään myös rikkomattomassa aineenkoestuksessa. Menetelmän avulla voidaan mitata metallien pinnoitteiden paksuuksia ja analysoida materiaalien koostumuksia. Laitteen etuna on, että sillä saadaan nopeasti informaatiota näytteistä. (Hornela 2009, 2.)



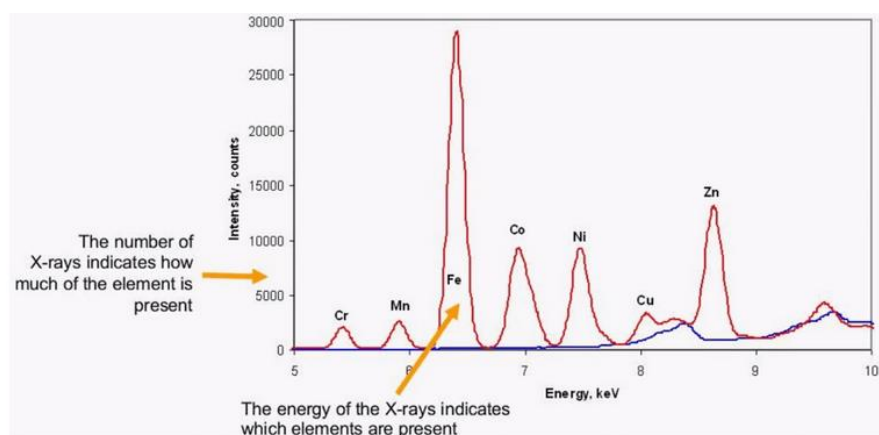
Kuvio 1. XRF perusteet (Bruker 2018)

XRF-laitteen röntgensäde aiheuttaa näytekappaleen pintaan fluoresenssia, jolla määritellään laadullisesti ja määrällisesti materiaalin ominaisuudet. Näyttemateriaalin pintaa pommitetaan korkeaenergisellä röntgen- tai gammasäteillä, mikä absorboituu näyttemateriaalin. (Hornela 2009, 7.) Röntgensäde osuu kiihtyvällä vauhdilla näytteessä olevaan alkuaineen atomin sisimmän kuoren pintaan ja poistaa sieltä elektronin (Kuvio 2).



Kuvio 2. Röntgensäde ja fluoresenssisäteily (Fischerscope 2018, 5)

Tämä elektronin siirtymä lähettää matalaenergisempää säteilyä, jota kutsutaan fluoresenssisäteilyksi. Fluoresenssisäteilyllä havaitaan näytteen alkuaineiden ominaisuudet ja tiheys. Ominaisuudet luetaan detektorille, joka tuottaa näytölle tietoa näytteen alkuaineiden koostumuksesta ja siitä, paljonko alkuainetta näytteessä on. (Fischerscope 2018, 5.) Detektori on XRF-laitteen sisällä oleva ilmaisilevy, joka muuttaa fluoresenssisäteilyn sähköiseen muotoon (Brouwer 2010, 21). Detektorista on kuva liitteessä 12, jossa on esitetty röntgenlaitteen toimintaperiaate (Fischerscope 2018, 6). Pinnoitteiden paksuudet ja alkuainekoostumukset voidaan tulostaa esimerkiksi tietokoneen näytölle (Kuvio 3).



Kuvio 3. Alkuaineet ja pitoisuudet (911metallurgist 2018b)

### 3.2 Näytteiden valmistus

Suosittelava raekoko X-ray –näytteiden analysoinnissa on yli 40  $\mu\text{m}$  ja alle 60  $\mu\text{m}$  (Retsch 2018, 12). Näytenappien paksuuden tulee olla vähintään 3 mm, joka saadaan aikaiseksi noin 7 gramman näyteannoksella. Tietysti näytteen määrä voi vaihdella materiaalin mukaan ja siihen vaikuttaa myös näytenapin halkaisija. Näytenappia valmistettaessa on mitattava puristuksen jälkeen näytenapin paksuus. Jos näytenappi on liian ohut tai paksu, on vain arvioitava, kuinka paljon näyteannosta pitää vähentää tai lisätä, jotta saavutetaan 3 mm:n paksuinen näytenappi. Näyte jauhetaan sopivan hienoksi pulveriksi erillisellä rengasmyllyllä (Kuva 2). Kuvan Ring mill 250 -myllyllä voidaan jauhaa 20 – 800 g:n näyteannoksia, jotka voidaan hienontaa 40  $\mu\text{m}$  rakeiksi. (911metallurgist 2018b.)



Kuva 2. Rengasmylly Ring mill 250 (911metallurgist 2018b)

Näytteiden kestävyys parantamiseksi niihin sekoitetaan sidosainetta, jonka tarkoituksena on pitää näytteen partikkelit yhdessä ja lisätä näytekappaleen kimmoisuutta. Sidosaimeen määrä on 10-15 % näytteestä. Sekoituksen aikana tulisi välttää kasaantumista ja paakkuuntumista, jotta näytteestä saataisiin mahdollisimman tasalaatuinen. (911metallurgist 2018b.)

Sidosaineena käytetty SpektroBlend-vaha sisältää polystyreenipohjaisesta jauhetta, boorihappoa ja selluloosajauhoa (911metallurgist 2018b). Näyte ja sidosaine laitetaan muoviputkeen, jossa se sekoitetaan swing-myllyssä noin 5 minuuttia (Outokumpu Oy 1980, 9). Kuvan 3 sekoitinlaite on 911metallurgistin

valmistama. Tämä sekoitinlaite sekoittaa näytteen jopa 15-45 sekunnissa. Näytteitä voidaan valmistaa kaksi tai enemmän 0,2 ml:sta aina 160ml:iin asti. (911metallurgist 2018a.)



Kuva 3. Näytteen ja sidosaineen sekoitin (911metallurgist 2018a)

Kestävämpien näytenappien saavuttamiseksi tai sidosvahan puuttuessa olisi hyvä käyttää alumiinista kuppia, johon näyte laitetaan (Kuva 4). Tämän lisäksi näytteen määrää voidaan kasvattaa kupin avulla, mikä johtaa laajempaan analyysialueeseen ja tarkempiin mittaustuloksiin. (911metallurgist 2018b.)

Näytenappia pidetään puristuksessa noin 30 sekunnin ajan (911metallurgist 2018). Paine tulisi vapauttaa puristustyökalusta varovasti, koska nopeasti vapautuva paine voi rikkoa näytenapin (Retsch 2018, 19).



Kuva 4. Näytteiden alumiininen aluskuppi

#### 4 NÄYTENAPPIPURISTIN

Näytenappipuristin on pöytämallinen hydraulikkapuristin. Näytenappipuristimella puristetaan jauhemaisia näytteitä kiinteiksi näytenapeiksi puristustyökalulla. Näytenappipuristimen runko on valmistettu teräksestä ja, siihen on asennettu hydraulikkakomponentteja. Puristusvoimat ovat 12 tonnin ja 40 tonnin välillä.

Näytenappipuristimeen kuuluvilla hydraulikkaosilla saadaan aikaan puristimelta vaadittu puristusvoima. Paine saadaan aikaiseksi hydraulikkapumpulla, joka tuottaa paineen hydraulikkasynterille. Synterillä puristetaan paineen aikaan saamalla voimalla puristustyökalua, joka yleisissä näytenappipuristinmalleissa asetetaan vasten trapetsikierrettä.

Ylä- ja alaosa on tyypillisesti yhdistetty toisiinsa teräs- tai kierretangolla. Jos ylä- ja alaosa on yhdistetty toisiinsa kierretangolla, niin silloin yläosan pinta toimii puristustyökalulle vastena. Korkeuden säätö tapahtuu johteilla tässä mallissa. (Kuva 5).



Kuva 5. Tässä näytenappipuristin mallissa yläosa toimii puristustyökalulle ylävastena(Thomas Scientific 2018)

Toisessa mallissa ylä- ja alaosa on yhdistetty toisiinsa terästangoilla, silloin puristustyökalua puristetaan trapetsikierrettä vasten, jota voidaan säätää siihen kuuluvalla käsikammella (Kuva 6).



Kuva 6. Tässä näytenappipuristin mallissa trapetsikierre toimii ylävasteena puristustyökalulle(911metallurgist 2018b)

#### 4.1 Hintavertailu eri vaihtoehtoille

Ensimmäisenä vaihtoehtona oli etsiä valmistajien sivuilta hintatietoja valmiista näytenappipuristimista. Aika nopeasti löytyikin USA:ssa valmistettu 24 tonnin puristin, jonka hinta Ebay.com –sivulla on 2349 euroa. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki valmiista kaupallisesta laboratoriokäyttöön tarkoitetusta puristimesta.



Kuva 7. Valmis pöytämallin näytenappipuristin (Specac 2018)

Toisena vaihtoehtona oli modifioida yleiskäyttöistä hydraulikkapuristinta (Kuva 8). Kuvan hydraulikkapuristinta myy tavaratalo Puuilo Oy ja sen hinta on 495 euroa. Tähän vaihtoehtoon jouduttaisiin suunnittelemaan ja valmistamaan puristustyökalun ympärille aseteltava suojaputki ja asennusalusta. Taulukossa 1 on esitetty puristustyökalun asennusalustan ja suojaputken materiaali- ja

valmistuskustannusarvio. Taulukon kustannusarvion perusteella hinta olisi noin 40,5 euroa.

Taulukko 1. Kustannusarvio puristustyökalun alustalle

Osat	Materiaali	Materiaalikustannus/euro	Työkustannus/euro
Asennusalusta	S355	7	30
Suojaputki	Kirkas Pleksi	3,5	0

Alkuvaiheessa näyttäisi, että yleiskäyttöisen hydraulikkapuristimen modifiointi olisi kustannustehokas ratkaisu. Yleiskäyttöisen hydraulikkapuristimen fyysinen koko voi aiheuttaa ongelmia ahtaissa laboratoriotiloissa (paino 125 kg, korkeus 170 cm ja leveys 74,5 cm). Toisaalta hydraulikkapuristimen yleiskäyttöisyys puoltaa valintaa.



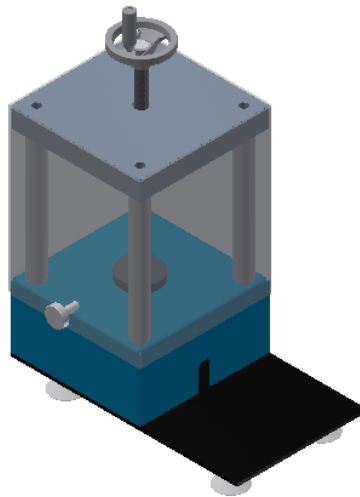
Kuva 8. Yleiskäyttöinen 30t hydraulikkapuristin (Puuilo Oy 2018)

Kolmas vaihtoehto olisi suunnitella ja valmistaa näytenappipuristimen runko itse (Kuvio 4). Vaihtoehtoina oli valmistaa näytenappipuristin niin, että hydraulikkapumppu on erillään näytenappipuristimesta tai hydraulikkapumppu on osana näytenappipuristinta. Kustannusarvio runkorakenteen materiaali- ja työkustannuksista on noin 600 euroa (Taulukko 2).



Taulukko 2. Runkorakenteen materiaali- ja työkustannusarvio

Osat	Kpl	Materiaali	Kustannus /euro	Työnvaihe	Kustannus /euro
Alustalevy	1	S355	4	Aihion leikkaus, M8 kierteet	27,5
Alaosan kehikko	1	St 01/Z02 275M	91,5	Aihion leikkaus, Levytyöstökeskus reiät ja pellin taivutus	55
Tukipylväs	4	S355J2C+C	38,3	Sorvaus ja M8 kierteet	55
Yläosan runko	1	S355	19	Tasojen oikaisu, kierteet M8 4kpl ja 1kpl M16 trapetsi	60
Seinät ja ovi	3+1	Kirkasta Pleksiä	74	Aihioden valmistus, poraus ruuvi-reiät ja pianosaranan asennus	110
Kokoonpanon muut osat	28	ruuvit, säätöjalat, ja kahva	35	Osien kasaus	0



Kuvio 4. Itse suunniteltu pöytämallin näytenappipuristimenrunko

Koska osat hankitaan itse, on laskettava näytenappipuristimelta vaadittavat tekniset arvot. Näytenappipuristimelta vaaditaan 20 tonnin puristusvoima, joka saadaan muutettua Newtoniksi (Kaava 1).

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

missä

F	on	voima	[N]
m	on	massa	[kg]
a	on	kiihtyvyys	[m/s <sup>2</sup> ]

Kaavalla (2) saadaan laskettua hydrauliiikkasynteriltä vaadittu tehollinen pinta-ala A.

$$A = \frac{F}{p} \quad (2)$$

missä

A	on	synterin männän pinta-ala	[mm <sup>2</sup> ]
F	on	puristintyökaluun vaikuttava voima	[N]
p	on	järjestelmässä vaikuttava paine	[N/mm <sup>2</sup> ]

Synterin männän halkaisija d saadaan kaavasta (3).

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (3)$$

missä

d	on	Synterin poikkipinnan halkaisija	[mm]
A	on	Synterin männän poikkipinta-ala	[mm <sup>2</sup> ]
π	on	pii	

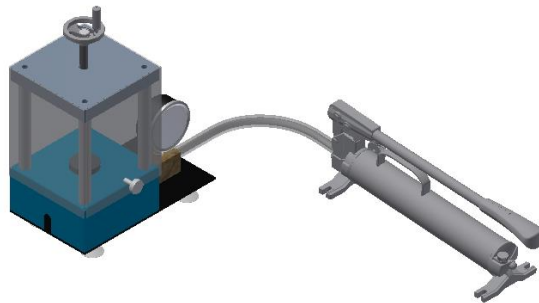
Ensimmäisessä vaihtoehdossa hydrauliikkapumppu on näytenappipuristimesta erillään. Se kytketään näytenappipuristimeen vain työvaiheen ajaksi (Kuvio 5). Vaihtoehdon kustannusarvio hydrauliikkakomponenteille on noin 950 euroa

(Taulukko 3). Kustannusarviosta puuttuvat pienemmät komponentit, kuten letkut kiinnittimet.

Taulukko 3. Kustannusarvio näytenappipuristimelle, jossa pumppu erillään puristimesta

Osat	Kauppa	Hinta/euro
Käsikampi	Amazon.com	15
Trapetsikierre M16	Motonet	12,9
Korkeapaine käsipumppu (720 bar)	Hydrauliikka.fi	295
Hydrauliikkasylineri CSH-20	IKH	600
Painemittari	Famililaite.fi	24

Mikäli voima  $F$  on 200000 N ja paine  $p$  on 75 MPa, saadaan hydrauliikkasylinerin männän pinta-alaksi 2616 mm<sup>2</sup> ja halkaisijaksi 57,7 mm.



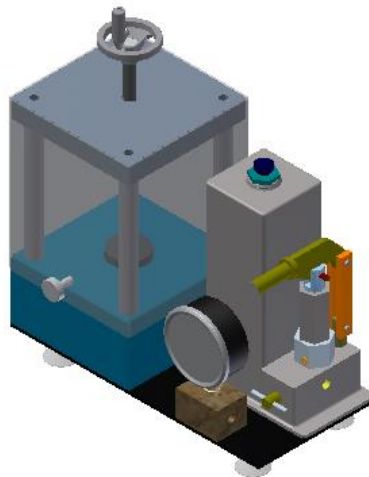
Kuvio 5. Hydrauliikkapumppu liitetään erillisenä osana näytenappipuristimeen

Toisessa mallissa hydrauliikkapumppu on osana näytenappipuristinta (Kuvio 6). Vaihtoehtoon kustannusarvio hydrauliikkakomponenteille on noin 460 euroa. (Taulukko 4). Kustannusarviosta puuttuvat pienemmät komponentit, kuten letkut kiinnittimet.

Taulukko 4. Kustannusarvio näytenappipuristimelle, jossa pumppu on integroitu puristimeen

Osat	Kauppa	Hinta/euro
Käsikampi	Amazon.com	15
Trapetsikierre M16	Motonet	12,9
Korkeapaine käsipumppu (320 bar)	Hydrauliikka.fi	115
Hydrauliikkasylinteri HLS201	RS-online.com	294
Painemittari	Famililaite.fi	24

Mikäli käytetään matalapaineisempaa hydrauliikkapumppua, kuten tässä vaihtoehdossa paine,  $p$  on 32 MPa, saadaan hydrauliikkasylinterin männän pinta-alaksi  $6131 \text{ mm}^2$  ja halkaisijaksi 88,4 mm.



Kuvio 6. Hydrauliikkapumppu integroitu osaksi näytenappipuristinta

Vertailu eri vaihtoehtojen välillä puoltaa vaihtoehtoa kaksi yleiskäyttöisen hydrauliikkapuristimen hankkimiseksi (Taulukko 5).

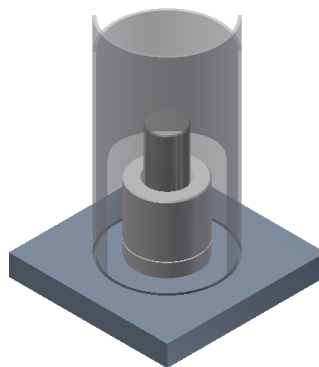
Taulukko 5. Kokonaiskustannusarvio näytenappipuristinvaihtoehdoille

Vaihtoehdot näytenappipuristimen valmistus		Kustannus / euro
1. Vaihtoehto	Valmis kaupallinen	2349
2. Vaihtoehto	Yleiskäyttöinen hydrauliikkapuristin + Puristintyökalun alusta ja suojaputki	535,5
3. Vaihtoehto	Itse tehty näytenappipuristin erillisellä Hydrauliikkapumpulla	1550
4. Vaihtoehto	Itse tehty näytenappipuristin. Hydrauliikkapumppu integroitu näytenappipuristimeen	1060

#### 4.2 Yleiskäyttöisen puristimen kuvaus

Hintavertailun tuloksena Puuilon yleiskäyttöinen hydrauliiikkapuristin oli selvästi halvin ja helpoin tapa toteuttaa näytenappipuristin. Hydrauliikkapuristimeen ei tarvitse tehdä muutoksia, mikä on hyvä asia. Laitetta voidaan näytenappien puristamisen lisäksi käyttää moneen muuhunkin käyttötarkoitukseen, joten sen käyttöaste on huomattavasti korkeampi, kuin jos olisi tehty pöytämallinen vain näytenappien puristamiseen.

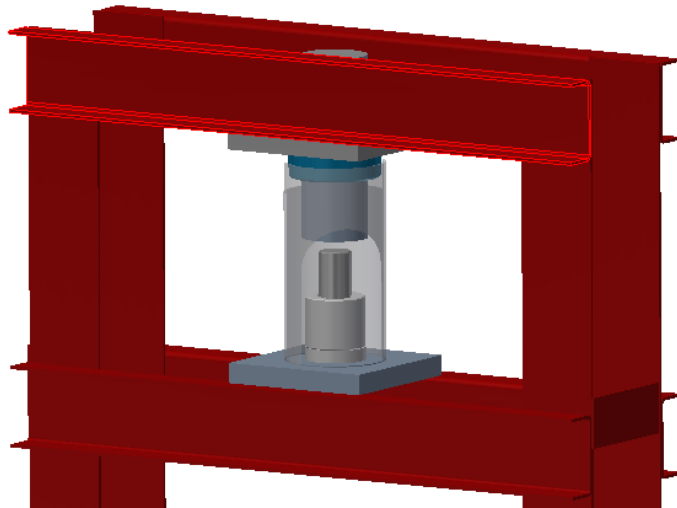
Tähän vaihtoehtoon kuuluu hydrauliikkapuristimen ja puristustyökalun lisäksi asennusalusta ja suojaputki, johon puristustyökalu asennetaan puristuksen ajaksi (Kuvio 7). Asennusalustan käyttö on helppoa ja sitä voidaan liikutella vapaasti hydrauliikkapuristimen päällä.



Kuvio 7. Puristustyökalun asennusalusta

Suojaputken yläosan on tarkoitus keskittää asennusalusta puristustyökaluineen suoraan linjaan hydrauliikkapuristimen sylinterin kanssa. Suojaputki keskitetään sylinterin ympärillä olevaa helaa vasten (Kuvio 8). Yläosasta on otettu toiselta puolelta helan paksuinen palanen pois. Tämä mahdollistaa asennusalustan liikuttamisen hydrauliikkapuristimessa. Alaosaan on tehty puristustyökalulle asennusaukko, joka mahdollistaa puristustyökalun sujuvan pois ottamisen ja takaisin asettamisen asennusalustaan työvaiheiden aikana. Puristustyökalu asetetaan asennusalustalla olevaan poteroon. Poteron tarkoitus on keskittää puristustyökalu keskelle asennusalustaa.

Suojaputkea voidaan pyörittää sille tehdyssä urassa. Puristuksen ajaksi putkea pyöritetään niin, että puristustyökalun asennusaukko on poispäin operaattorista. Puristuksen jälkeen putkea pyörytetään niin, että puristustyökalu voidaan ottaa putken sisältä pois.



Kuvio 8. Puristustyökalu asetettu hydraulikkapuristimeen

#### 4.3 Puristustyökalun alustan valmistus

Puristustyökalun asennusalusta valmistetaan 20 mm:n rakenneteräs S355:sta. Asennusalustan tasopinnat oikaistaan työstökeskuksella ja jysintapilla tehdään suojaputkelle ura ja puristustyökalulle 2 mm:n syvyinen potero. Puristustyökalun asennusalustan valmistuspiirustus on esitetty liitteessä 10.

Suojaputken materiaalina käytetään 2,5 mm:n paksuista kirkasta pleksiä, mikä mahdollistaa työnseuraamisen turvallisesti puristuksen aikana. Suojaputken työstäminen onnistuu käyttämällä mahdollisimman vähän leikkaavia teriä, kuten katkaisu- tai timanttilaikalla varustettu kulmahiomakone tai kuviosahaa, jossa on metalliterä. Työstön jälkeen purset poistetaan esimerkiksi metallisiklillä. (Pleksi.fi 2018.) Suojaputken valmistuspiirustus on esitetty liitteessä 11.

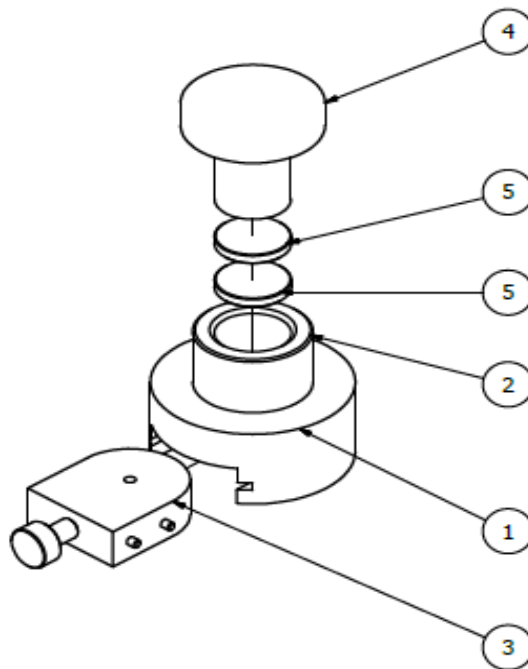
## 5 PURISTUSTYÖKALUN SUUNNITTELU

### 5.1 Vaihtoehdot työkalulle

Puristustyökalun suunnittelussa puntaroitiin kahta eri vaihtoehtoa, joko luistialustalla olevaa tai sylinterinmallista alustavaihtoehtoa. Jälkimmäinen olisi näistä kahdesta helpompi ja halvempi valmistaa, koska tässä mallissa on vain pyörähdyssymmetrisiä osia ja pääasiallinen valmistusmenetelmä on sorvaus.

Luistialustalla olevassa puristustyökalussa runko ja luisti ovat monimutkaisempia valmistaa (Kuvio 9). Osien nimet on esitetty taulukossa 6.

Valmistuksessa tarvittaisiin sorvin lisäksi työstökeskusta tai manuaalijyrsintä. Osia pitäisi käänellä valmistusprosessin aikana, koska niiden sivuille tulee reikiä, jotka vaatisivat kappaleiden uudelleen asemoinnin työn aikana.



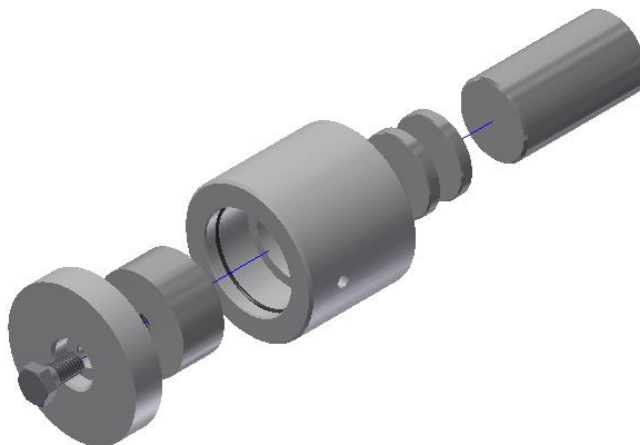
Kuvio 9. Luistialustalla oleva puristustyökalu

Taulukko 6 Osaluettelo

Osat	Numero
Runko	1
Sylinteri	2
Luisti	3
Työntövarsi	4
Puristinapit	5

Sylinterimallinen puristustyökalu on helpompi valmistaa ja myös edullisempi vaihtoehto (Kuvio 10). Luisti on korvattu pyöreällä alustaosalla, jossa vastinosa on kiinnitetty alustalevyyn M8 ruuvilla ja runko on jätetty kokonaan pois. Alustaosan kokoonpano on esitetty liitteessä 2. Tämän vaihtoehdon työkustannuksia saadaan minimoitua hankkimalla valmiita standardikokoisia tankoja, joita on saatavana 32 ja 40 mm:n halkaisijoilla.

Työkalun valmistukseen tarvittaisiin vannesahaa osien katkaisemiseksi. Sorvilla suoritettaisiin päiden oikaisu ja tiivisteuran tekeminen sisäpuolisella terällä sekä kierteen M8 valmistus. Puristinnappien toisen puolen pinnan kiillottamiseksi voidaan käyttää ultraäänilaitetta, jolla kiillotus voidaan tehdä. Osilta vaaditaan hyvää pinnanlaatua, jotta näytteistä saataisiin tiiviitä ja tasalaatuisia. Osien on oltava kulutusta kestäviä ja pinnoiltaan kovia.



Kuvio 10. Puristustyökalu valmistettu pyörähdyssymmetrisistä osista



## 5.2 Valmistusmateriaalien tekniset ominaisuudet

Puristustyökalun halkaisija on 32 mm, joka on näytteen puristukseen tarkoitetun puristinnappien ja sylinterin halkaisija. Puristustyökalulla valmistetaan 32 mm:n halkaisijaltaan olevia näytteitä. Osien valmistusmateriaaleilta vaaditaan hyviä lujuus- ja kovuusarvoja varsinkin työntövarrelta, puristinnapeilta ja alustaosalta, jotka ovat suoraan 200 kN voiman vaikutuksen alaisena.

Esimerkkinä Chemplex Industries on XRF-laitteiden valmistaja. Chemplexin suositus materiaalille on ruostumaton teräs 440c, jonka lujuus on 420 MPa ja kovuus HRC 55-58 (Chemplex 2018b).

Työkalun pintaan kohdistuva sallittu paine lasketaan kaavoja (4) ja (5) käyttäen. Ensiksi lasketaan työkalun poikkipinta-ala kaavalla (4).

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4)$$

missä

A	on	työkalun poikkipinta-ala [mm <sup>2</sup> ]
d	on	työkalun halkaisija [mm]
π	on	pii

Paine voidaan laskea kaavasta (5).

$$p = \frac{F}{A} \quad (5)$$

missä

p	on	laskettu normaali jännitysarvo [N/mm <sup>2</sup> ]
F	on	puristintyökaluun vaikuttava voima [N]
A	on	työkalun poikkipinta-ala [mm <sup>2</sup> ]

Puristustilanteessa esiintyvä laskettu normaalijännitys on  $244 \text{ N/mm}^2$  puristustyökalun pinta-alalle  $804,2 \text{ mm}^2$ . Varmuusluvuksi valitaan 1,8 ja tällä varmistetaan, että puristinnappien ja työntövarren myötölujuus ei ylitä puristuksen aikana. Myötölujuuden ylitys voi aiheuttaa puristustyökaluun toiminnan kannalta liian suuria haitallisia venymiä, kuten puristinnappien jumittumisen sylinterin sisälle ja vaurioittaa työkalua. Varmuusluku 1,8 valittiin, koska osien valmistamiseen käytetty materiaalin myötölujuus valmistajan sivulla oli  $420 \text{ MPa}$ , joka on sitkeän ja hauraiden raaka-aineiden rajalla (Valtanen 2013, 287). Materiaalilta vaadittu lujuusarvo  $R_e$  lasketaan kaavalla (6).

$$R_e = n * \sigma_{\text{lask}} \quad (6)$$

missä

$R_e$	on	myötölujuus [ $\text{N/mm}^2$ ]
$n$	on	varmuusluku
$\sigma_{\text{lask}}$	on	laskettu normaalijännitys [ $\text{N/mm}^2$ ]

Materiaalilta laskettu myötölujuus varmuusluku 1,8:n mukaan on  $439 \text{ MPa}$ . Valmistajan suosittelema ruostumaton teräslaatu 440c olisi tämän perusteella hyvä vaihtoehto, mutta saatavilla ei ollut sopivaa valmista aihiota, joten seuraavissa kappaleissa on esitetty kaksi vaihtoehtoista materiaalia puristustyökalun valmistamiseksi. Taulukoissa 7 ja 8 esitetyt varmuuslukukertoimet tulevat materiaalin myötölujuuden ja puristustilanteessa esiintyvän lasketun normaalijännityksen suhteesta, joka saadaan laskemalla kaava (7).

$$n = R_e / \sigma_{\text{lask}} \quad (7)$$

missä

$n$	on	varmuusluku
$R_e$	on	materiaalin myötölujuus [ $\text{N/mm}^2$ ]
$\sigma_{\text{lask}}$	on	laskettu normaalijännitys [ $\text{N/mm}^2$ ]

Ensimmäisenä vaihtoehtona puristustyökalun valmistusmateriaalille voisi käydä martensiittinen ruostumaton teräs AISI 420. Materiaali on saatavana suoraan 32 mm:n halkaisijana (Ovako 2018b, 93). Materiaali on pehmeäksi hehkutettuna hyvä työstää, koska mekaaniset ominaisuudet ovat vaatimattomat. Työstön jälkeen materiaali karkaistaan ja tehdään jännityksenpoistohehkutus, jonka seurauksena materiaalista tulee luja ja kova. (AkSteel 2007.) Materiaalin mekaaniset ominaisuudet pehmeäksi hehkutettuna ja karkaisun jälkeen on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Teknisiä arvoja materiaalille Ovako AISI 420 (pyörötanko)

<b>Materiaali AISI 420</b>	<b>Pehmeäksihehkutettu</b>	<b>Lämpökäsittelyn jälkeen</b>
Kovuus	9 HRC (88 HRB)	55 HRC
Myötölujuus	276 MPa	1344 MPa
Laskettu arvo	244 MPa	244 MPa
Varmuusluku	1,1	5,5

Toisena materiaalivaihtoehtona voitaisiin käyttää nuorrutusterästä 42CrMo4, jota on saatavana valmiina 32 ja 40 mm:n aihioina (Ovako 2018a, 5). Materiaalista voitaisiin valmistaa myös puristustyökalun vastinosa, koska sitä on saatavana valmiina 40 mm:n aihiona. Vastinosan valmistuspiirustus on esitetty liitteessä 4. Pehmeäksi hehkutettuna materiaalia voidaan hyvin työstää. Työstön jälkeen materiaalille tehdään lämpökäsittely vaadittujen lujuus ja kovuusarvojen saavuttamiseksi. (Sten 2006, 1.) Materiaalin mekaaniset arvot on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Teknisiä arvoja materiaalille Ovako 42CrMo4 (pyörötanko)

<b>Materiaali 42CrMo4</b>	<b>Pehmeäksihehkutettu</b>	<b>Lämpökäsittelyn jälkeen</b>
Kovuus	23 HRC (241HB)	53...55 HRC
Myötölujuus	750 MPa	750 MPa
Laskettu arvo	244 MPa	244 MPa
Varmuusluku	3	3

### 5.3 Puristinnapin toleranssin määrittäminen

Puristinnapin poikkipinta-alassa tapahtuva muutos puristuksen aikana saadaan laskettua pituuden muutosta (Kaava 8) ja Poissonin lukua apuna käyttäen

(Kaava 9) (Mäkelä, Soininen, Tuomola & Öistämö 2014, 139). Pituuden muutos 6 mm:n paksuiselle puristinnapille on 0,007 mm, joka saadaan laskettua kaavalla (8).

$$\Delta l = \frac{F * l}{A * E} \quad (8)$$

missä

$\Delta l$	on	pituuden muutos puristusjännityksen aikana
$F$	on	työkalun poikkipinta-alaan vaikuttava voima
$l$	on	puristinnapin paksuus
$A$	on	työkalun poikkipinnan ala, johon voima $F$ vaikuttaa
$E$	on	materiaalin kimmokerroin teräksellä 210 GPa

Puristinnapin pituudenmuutoksen lisäksi puristinnapin halkaisijassa tapahtuu puristuksen aikana laajeneminen. Poissonin luku kuvaa poikittaissuuntaisen laajenemisen suhdetta pitkittäissuuntaiseen puristumaan. Teräksellä Poissonin luku on 0.27...0.3. (Salmi 2003, 152-153.)

Puristinnappien halkaisijan muutos  $\Delta d$ , on laitteen toiminnan kannalta tärkeä tieto, koska osiin kohdistuu puristusjännitystä puristustyökalun sylinterin sisällä. Jos puristinnapit laajenevat liikaa sylinterin sisällä puristuksen aikana on vaarana, että ne ottavat kiinni puristustyökalun sylinterin seinämiin ja voivat vaurioittaa puristustyökalua tai muutoin jumittua. Halkaisijan muutos täytyy ottaa huomioon toleranssia määriteltäessä. Halkaisijan muutos puristuksen aikana on 0,002 mm, joka saadaan laskettua kaavalla (9).

$$\Delta d = \Delta l * \nu \quad (9)$$

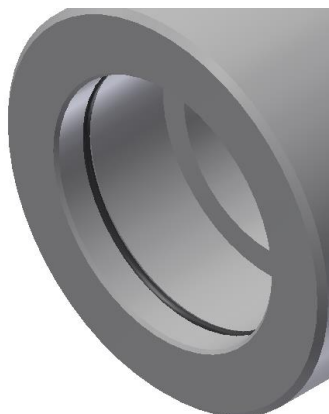
missä

$\Delta d$	on	halkaisijan muutos	[mm]
$\Delta l$	on	pitouden muutos	[mm]
$\nu$	on	poissonin luku teräksellä 0,3	

Puristinnapin toleranssiksi valitaan fg6. Toleranssiasema on -15  $\mu\text{m}$  puristinnapin halkaisijan nollaviivasta. Näin ollen puristinnapin ylärajamitaksi tulee 31,985 mm. Myös g6 toleranssi olisi käynyt puristinnapille, mikä olisi normaalisti ollut riittävä välyssovite akselille, kun kantareikä on H7 (Pere 2016, 20-21, 20-27). Näin saatava välys on nyt huomattavasti suurempi kuin välyssovite tavallisesti on. Suuremmalla välyksellä varmistetaan, että puristinnapit eivät puristustyövaiheen aikana laajetessaan missään olosuhteissa leikkaisi kiinni sylinterin seinämiin. Toleranssiparilla 32 H7/fg6 minimivälys on 15 mikrometriä kun taas, 32 H7/g6 minimivälys on 9 mikrometriä (Pere 2016, 20-21, 20-28).

#### 5.4 O-rengas

Sylinterin sisään asennetun O-renkaan ensisijaisena tarkoituksena on varmistaa alustan sylinterin sisässä pysyminen puristustyökalua nosteltaessa työvaiheiden aikana (Kuvio 11). Tiiviste tulee noin 0,5 mm tiivisteyden yli.



### Kuvio 11. O-rengas asennettu tiivisteuraan

Tiivisteiden puristumaan vaikuttaa vastinosan ja sylinteri halkaisijan välilyös 0,2mm. Tiiviste puristuu 0,3 mm, joka on 15 % 2 mm:n paksuisesta tiivisteestä. Puristuma on yleisen suunnittelualueen alarajan ulkopuolella, joka on 18-25 % (Marco Rubber & Plastic 2018). Puristustyökalun toiminnan kannalta tämä arvo ei kuitenkaan ole niin kriittinen, joten tämä puristuma voidaan hyväksyä. Alustaosan halkaisijan kasvattaminen lisäisi tiivisteiden puristumaa, mutta se ei olisi tiukkuuden vuoksi käyttäjäystävällinen. Osien kiinnittäminen ja irrottaminen vaatisi kohtuuttomasti voimaa, jos välilyös pienenee.

Tiivistemateriaalin kovuuden valinnalla on myös vaikutusta osien toimivuuteen ja käyttäjäystävällisyyteen. Liian pehmeä materiaali ei kestä ja voi rikkoutua puristuman ja siihen kohdistuvan poikittaissuuntaisen voiman vaikutuksesta. Liian kova materiaali taas vaatisi kohtuuttomasti voimaa asennus- ja irrotusvaiheessa. Yleensä kumi ja silikonipohjaisten O-renkaiden kovuudet ovat Shore A 55 –shore A 75 välillä (Eriks 2018, 25). Valitaan tiivistemateriaaliksi 39 x 2 mm Vitonin RV00175, joka on kumipohjainen ja sen ominaisuudet ovat hyvät tähän tarkoitukseen (Mykon 2018).

Puristuman arvo lasketaan kaavalla (10).

$$c = ggo - g \quad (10)$$

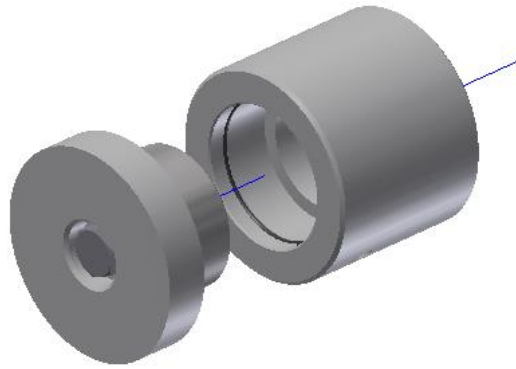
missä

c	on	puristuma	[mm]
g	on	välilyös	[mm]
ggo	on	tiivisteiden uranylitys	[mm]

### 5.5 Puristustyökalun käyttö

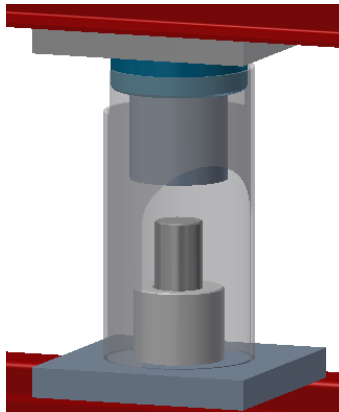
Puristustyökalun käyttö on yksinkertaista, mutta vaatii tarkkuutta oikean annosmäärän annostelemiseksi puristustyökaluun. Työskentelyn aikana tulee olla huolellinen. Työturvallisuuteen liittyvistä asioista kerrotaan tarkemmin luvussa 6.

Ensimmäisessä vaiheessa sylinteriosa kiinnitetään alustaosaan (Kuvio 12). Tämän jälkeen ensimmäinen puristinnappi työnnetään sylinterin sisälle ja sen päälle annostellaan haluttu määrä näytettä. Kun näytemäärä on annosteltu, toinen puristinnappi työnnetään sylinterin sisälle näytteen päälle, tämän jälkeen työntövarsi asetetaan puristinnappien päälle. Puristustyökalun kokoonpanokuva on esitetty liitteessä 1. Puristustyökalu asetetaan asennusalustalle suojaputken sisälle ja näyte puristetaan hydraulikkasyylinterillä.



Kuvio 12. Alustaosa ja sylinteri

Puristuksen jälkeen alustaosa irrotetaan sylinteristä ja puristustyökalu asetetaan takaisin asennusalustalle (Kuvio 13). Puristinnapit ja näytenappi työnnetään sylinterin sisältä pois työntövarren avulla.



Kuvio 13. Puristustyökalun puristinnapit ja näytenappi työnnetään pois sylinterin sisältä työntövarren avulla

## 6 TYÖTURVALLISUUS

Arctic Steel and Mining –tutkimusryhmällä on olemassa laitteiden riskikartoitukseen työohjemalli, joka ohjaa toimintaa poikkeavissa tilanteissa. Ohjetta ylläpidetään ASM:n laadunhallintasivustolla. Tilanteet voivat olla esimerkiksi laiterikkoutumisia, työohjeita ei noudateta tai jotain muuta normaalista poikkeavaa. (Ylitolva 2017b.)

Näytenappipuristimelle, puristustyökalulle ja XRF-analysaattorille työturvallisuus ja riskien analysointi tehdään kolmiportaisella riskitaulukolla, joka kuuluu tähän ohjeeseen (Kuvio 14).

Todennäköisyys	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski

Kuvio 14. Kolmiportainen riskitaulukko (Ylitolva 2017a)

### Turvallisuus näytenappien valmistamisessa

Näytenappien valmistettaessa on tunnistettava työskentelyyn liittyvät riskit, jotta työ voidaan tehdä turvallisesti. Olisi hyvä tutustua ennen työskentelyä alla olevan luottelon riskianalyysikartoitukseen, jotta osaa tunnistaa mahdolliset työhön liittyvät työturvallisuusriskit.

- Käsien jääminen hydrauliikkapuristimeen puristukseen:  
Epätodennäköistä/Vakava
- Puristustyökalu asennusosineen voi pudota varpaille:  
Mahdollinen/Vakava
- Puristustyökalun rikkoontuminen:  
Epätodennäköistä/Vähäinen riski



- Hydraulikkajärjestelmästä voi vuotaa öljyä, joka aiheuttaa liukastumisen:  
Mahdollinen/Haitalliset
- Hydraulikkajärjestelmästä voi syntyä öljysuihku:  
Mahdollista/Haitalliset

Näytenappipuristimella työskennellessä on oltava mahdollisimman kaukana puristustyökalusta puristuksen aikana. Öljyyn liukastuminen ja puristustyökalun ja asennusalustan mahdollisen putoaminen varpaille estetään käyttämällä turvajalkineita. Vaikka puristustyökalun ympärillä on suojaputki suojaamassa työn turvallista seuraamista, on suositeltavaa käyttää suojalaseja. Suojalaseja on myös hyvä käyttää, jos hydraulikkajärjestelmästä lentää öljyä. Suojahanskojen käyttö on myös suositeltavaa estämään mahdollisia viiltohaavoja vastaan, joita voi tulla käsiteltäessä puristustyökalua, asennusalustaa ja suojaputkea. Suojavarusteet näytenappipuristimelle olisi hyvä käyttää turvakenkiä, suojalaseja ja viiltosuojahanskoja.

### **Turvallisuus näytteiden mittauksessa XRF- analysaattorilla**

Näytteiden mittaamisessa on otettava turvallisuusasioissa huomioon laitteen lähettämä röntgensäteily. Pienikokoisten näytteiden analysoimisen aikana näytteet asetetaan laitteessa tarkoitetulle alustalle. Lyijyvuorattu kotelo on pidettävä ehdottomasti kiinni näytteiden analysoimisen aikana (Kuva 9).



Kuva 9. Pienten näytepalojen analysointi Bruker S1 Titan (Mandala Persada 2018)

Jos analysoidaan isompia ja pehmeämpiä näytteitä, jotka päästävät helposti röntgensäteilyä lävitseen ja niitä ei voi mitata Bruker -analysaattorin omalla alustalla, näytteen alla on oltava sille tarkoitettu lyijylevy kuvan 10 mukaisesti (Joutsenvaara 2018a).



Kuva 10. Suurikokoisen näytteen analysoiminen (Joutsenvaara 2018c)

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työ oli monia insinööriopinnoissa opiskeltuja opintojaksoja yhdistävä kokonaisuus, johon kuului suurimmaksi osaksi koneensuunnitteluun ja tuotesuunnitteluun liittyviä asioita, joita piti miettiä ja ratkoa.

Kustannuslaskelmat veivät oman aikansa työn alkuvaiheessa. Tämä oli työn ensimmäinen vaihe, josta aloitettiin ja se määräsi suunnan työn etenemiselle. Tällä määriteltiin kustannustehokkain ja yksinkertaisin vaihtoehto näytenappipuristimen suunnittelulle ja kokoonpanolle.

Vaikka nämä edellä mainitut näyttelivätkin suurta osaa työn tekemisessä, niin aikaa meni paljon myös XRF-tekniikkaan sekä puristustyökaluihin tutustuesssa. Melkein kaikki tieto oli englanninkielistä materiaalia, joka harjaannutti kovasti varsinkin tekniikan englannin sanastoa.

Sopivaa valmista materiaalihiota ei tahtonut löytyä puristustyökalulle, joten piti miettiä ja muistella teollisuusterästen laboraatioista ja lämpökäsittelytehtävistä materiaalioppeja eri terästen mekaanisista ominaisuuksista. Lämpökäsittelyn avulla saadaan puristustyökalun osille vaaditut lujuus- ja kovuusarvot.

Työstä muodostui loppujen lopuksi näytenappipuristimen käyttöohje ja puristustyökalun valmistus, kokoonpano ja työohje. XRF-tekniikkaan liittyen opinnäytetyöhön tuli lyhyesti yleistä asiaa. XRF-tekniikasta olisi hyvinkin voinut tehdä vaikka oman opinnäytetyönkin, sen verran paljon aiheesta oli tarjolla kiinnostavaa ammattiaineistoa.

## 8 POHDINTA

Tavoitteena oli löytää yksinkertainen, toimiva ja ennen kaikkea kustannuksiltaan huokea ratkaisu näytenappipuristimen valmistamiseksi. Mielestäni tässä onnistuttiin todella hyvin. Puuilon yleiskäyttöisen hydrauliiikkapuristimen kustannussäästöt olivat huomattavia verrattuna kaupalliseen näytenappipuristimeen tai itse valmistettuun ratkaisuun. Valmis kaupallinen näytenappipuristin oli melkein 2000 euroa kalliimpi ja itse valmistetutkin ratkaisut noin 500-1000 euroa kalliimpia.

Yleiskäyttöistä hydrauliikkapuristinta ei tarvinnut muokata olleenkaan, vaan puristustyökalulle suunniteltiin oma asennusalusta suojaputkineen kustannustehokkaasti. Puristustyökalun suunnittelussa onnistuttiin löytämään mahdollisimman yksinkertainen ja edullinen valmistusratkaisu.

Ammatillista aineistoa valmistajien sivuilta XRF-näytenappien valmistamiseen oli saatavana hyvin. Eri näytenappipuristinvaihtoehtoja oli paljon, josta saatiin ideoita suunnitellessa omavalmisteista ratkaisua niin näytenappipuristimeen kuin puristustyökaluunkin.

Kaiken kaikkiaan suunnittelutyö onnistui hyvin. Työstä tulee olemaan hyötyä ASM-ryhmälle tulevaisuudessa XRF-näytteitä analysoitaessa ja taloushallinnollekaan hinnan ei pitäisi aiheuttaa harmaita hiuksia.

## LÄHTEET

911Metallurgist 2018a. Mixer Mill – High Energy Ball mill. Viitattu 31.01.2018  
[https://www.911metallurgist.com/equipment/mixer-mill/#iLightbox\[product-gallery\]/2](https://www.911metallurgist.com/equipment/mixer-mill/#iLightbox[product-gallery]/2).

911Metallurgist 2018b. XRF Sample Preparation Methods/Procedure. Viitattu 28.01.2018  
<https://www.911metallurgist.com/blog/sample-preparation-methods-for-xrf-analysis#sampling>.

Ak Steel 2007. Product Data sheet 420 Stainless Steel. Viitattu 11.2.2018  
[http://www.aksteel.com/pdf/markets\\_products/stainless/martensitic/420\\_data\\_sheet.pdf](http://www.aksteel.com/pdf/markets_products/stainless/martensitic/420_data_sheet.pdf).

Brouwer, P. 2010. Theory of XRF. Viitattu 22.2.2018  
<https://www.chem.bg.ac.rs/~grzetic/predavanja/Nedestruktivna%20hemijska%20analiza%20%20odabrana%20poglavlja/XRF/Literature/PANanalytical%20XRF%20theory.pdf>.

Bruker 2018. Handheld XRF analyzers. Viitattu 26.01.2018  
<https://www.bruker.com/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/handheld-xrf/handheld-xrf-basics.html>.

Chemplex 2018a. SpectroMill ®Ball Pestle Impact Grinders/Mixer. Viitattu 31.01. 2018  
<http://www.chemplex.com/spectromillr-xrf-sample-grinding-and-blending-machines>.

Chemplex 2018b. XRF Briquetting, Pellet Press Die Sets. Viitattu 28.01. 2018  
<http://www.chemplex.com/xrf-pellet-press-stainless-steel-die-sets>.

Eriks 2018. Eriks-o-ring.technical-handbook. Viitattu 5.2 2018  
<https://eriks.nl/documentatie/o-ringen/o-ringen-en-overige-ringen/eriks-o-ring-technical-handbook.pdf>.

Fischerscope 2018. X-RAY Product Line. Viitattu 30.01.2018  
[http://www.fischer-technology.com/fileadmin/documents/broc/EN/BROC\\_X-RAY\\_Product\\_Line\\_952-008\\_en.pdf](http://www.fischer-technology.com/fileadmin/documents/broc/EN/BROC_X-RAY_Product_Line_952-008_en.pdf).

Hornela, S. 2009. XRF Evaluation for Failure Analysis-Laboratory. Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikka. Opinnäytetyö.

Joutsenvaara, J. 2018a. Arctic Steel and Mining. Asiantuntijakeskustelu 9.2.2018.

Joutsenvaara, J. 2018b. Käsikäyttöinen XRF-analysaattori kytkettynä tietokoneeseen.

Joutsenvaara, J. 2018c. Suurikokoisen näytteen analysoiminen.

Mandala Persada 2018. The Export of XRF & NDT. Pienten näytepalojen analysointi Bruker S1 Titan. Valokuva 9.  
[https://xrfndt.com/index.php?route=product/product&product\\_id=53](https://xrfndt.com/index.php?route=product/product&product_id=53).

Marco Rubber & Plastic. 2018. O-ring Gland General Design Considerations. Viitattu 29.01.2018  
[https://www.marcorubber.com/userAssets/file/ORing\\_Gland\\_General\\_Design\\_Considerations02.pdf](https://www.marcorubber.com/userAssets/file/ORing_Gland_General_Design_Considerations02.pdf).

Mykin Inc 2018. RV00175 Black ASTM Spec Viton Compound. Viitattu 5.2.2018  
<http://mykin.com/media/catalog/product/pdf/RV00175.pdf>.

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämä, J. 2014. Tekniikan Kaavasto. 13., Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.

Outokumpu Oy 1980. OKME:n Analyysinäytteiden Käsittely ja Preparointi ennen Analyysiä. Viitattu 31.01.2018  
[http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/070\\_laboratorio\\_peh\\_80.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/070_laboratorio_peh_80.pdf).

Ovako 2018a. Erikoisteräket. Viitattu 21.2.2018  
<http://www.ovako.com/PageFiles/6353/ERIKOISTERA%CC%88KSET.pdf>.

Ovako 2018b. Ruostumattomat. Viitattu 11.2.2018  
<http://www.ovako.com/PageFiles/6320/RUOSTUMATTOMAT%20.pdf>.

Pere, A. 2016. Koneenpiirustus 1&2. Espoo: Hannun Tasapaino Oy.

Pleksi.fi 2018. Tietoa pleksistä. Viitattu 5.2.2018  
<https://www.pleksi.fi/fin/tietoa-pleksista/>.

Puuilo Oy. 2018. Viitattu 30.01.2018  
[https://www.puuilo.fi/epages/puuilo.sf/fi\\_FI/?ObjectID=888318](https://www.puuilo.fi/epages/puuilo.sf/fi_FI/?ObjectID=888318).

Retsch 2018. Manual Pellet Press PP 25. 2018. Viitattu 14.01.2018  
[https://www.retsch.com/dltmp/www/53e4b558-f9c4-4179-b6ba-636500000000-fc959f988782/manual\\_pp25\\_20.750.0006\\_en.pdf](https://www.retsch.com/dltmp/www/53e4b558-f9c4-4179-b6ba-636500000000-fc959f988782/manual_pp25_20.750.0006_en.pdf).

Salmi, T. 2003. Teknillisen mekaniikan perusteet. Tampere: Klingendahl Paino Oy.

SFS- EN 22768-1.1993 Yleistoleranssit  
<https://ez.lapinamk.fi:2555/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/2/9477.html.stx>.

Specac 2018. Manual Hydraulic Press | FTIR + XRF pellet press. Viitattu 26.2.2018  
<https://www.specac.com/en/products/sample-preparation/hydraulic-press/manual/manual-hydraulic-press-ftir-xrf-pellet-press>.

Steel Express 2018. Steel Hardness Conversion Table.  
<https://www.steelexpress.co.uk/steel-hardness-conversion.html>.

Sten 2006. Nuorrutusteräs 42CrMo4. Viitattu 11.2.2018  
[http://www.sten.fi/document/1/27/aea4431/tuote\\_f8be181\\_42crmo4.pdf](http://www.sten.fi/document/1/27/aea4431/tuote_f8be181_42crmo4.pdf).

Thomas Scientific 2018. Pellet Press. Viitattu 26.2.2018  
<https://www.thomassci.com/scientific-supplies/Pellet-Press>.

Ylitolva, M. 2017a. Kolmiportainen riskitaulukko.

Ylitolva, M. 2017b. Työturvallisuus ja riskien arvionti. Työohje. Lapin AMK. Arctic Steel and Mining. Luku 6. Viitattu 10.2.2018

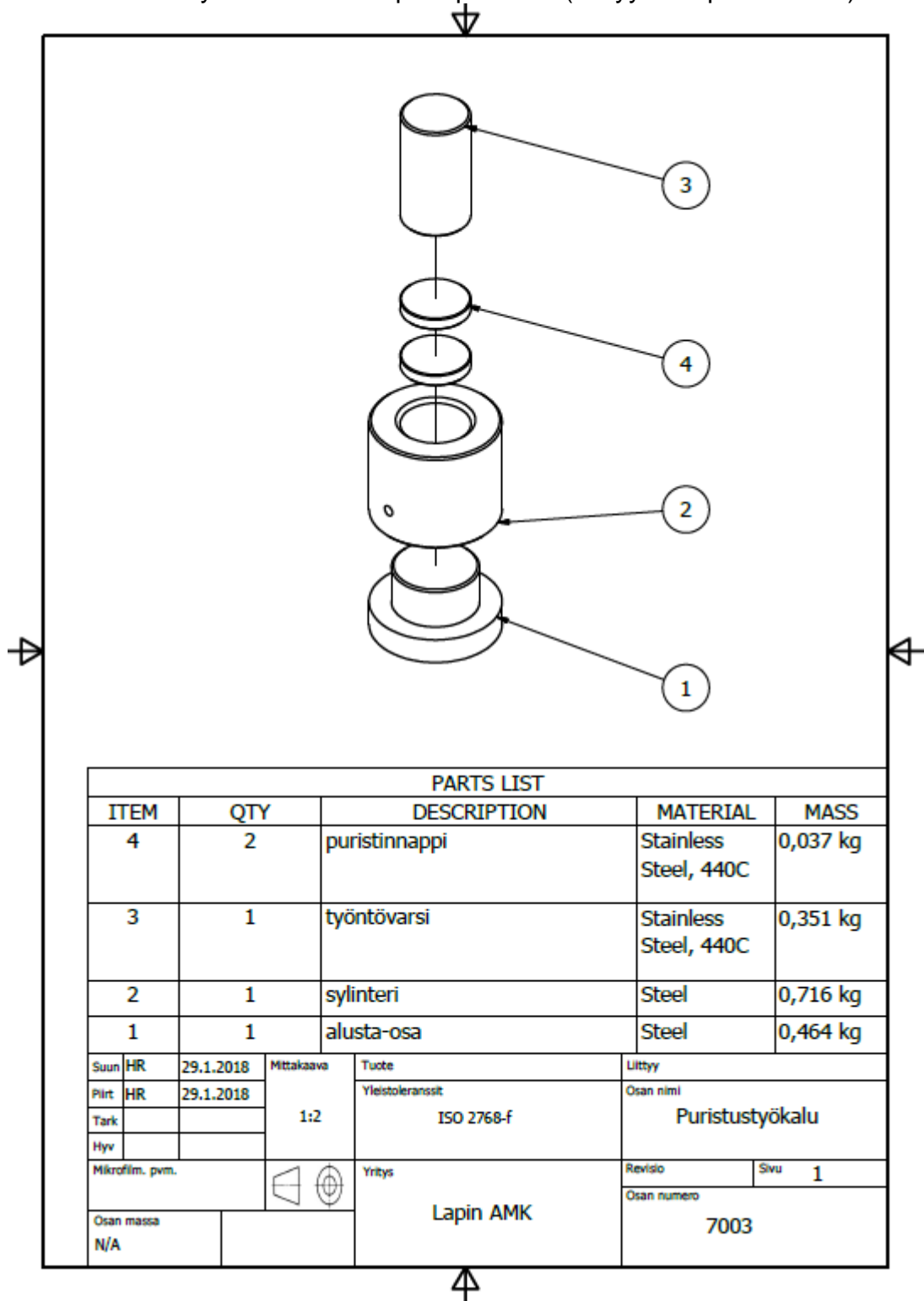
Valtanen, E. 2013. Tekniikan taulukkokirja. Genesis-kirjat Oy.

## LIITTEET

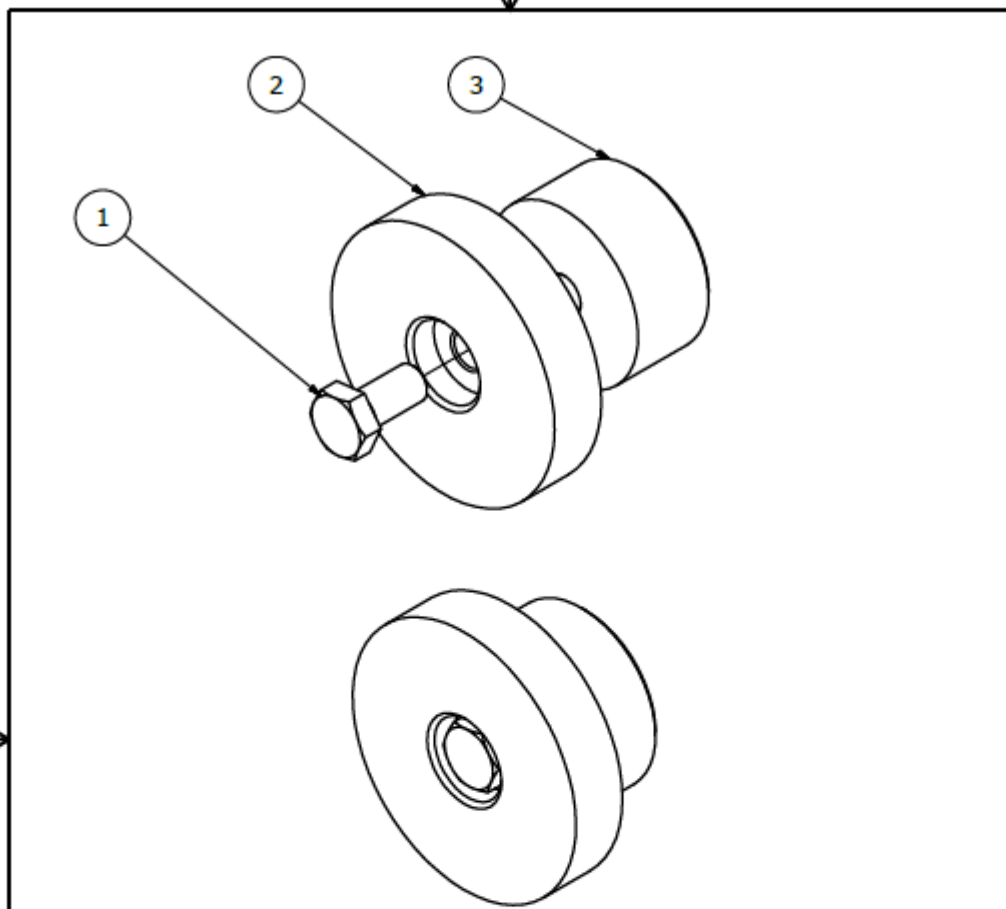
- Liite 1. Puristustyökalun kokoonpanopiirustus (Liittyy Yleispuristimeen)
- Liite 2. Alusta-osan kokoonpano (Liittyy Puristustyökaluun )
- Liite 3. Alustalevyn valmistuspiirustus (Liittyy Alusta-osaan )
- Liite 4. Vastin valmistuspiirustus ( Liittyy Alusta-osaan)
- Liite 5. Sylinterin kokoonpano (Liittyy Puristustyökaluun)
- Liite 6. Sylinteri valmistuspiirustus (Liittyy Sylinterikokoonpano )
- Liite 7. O-rengas (Liittyy Sylinterikokoonpano)
- Liite 8. Työntövarsi valmistuspiirustus (Liittyy Puristustyökaluun)
- Liite 9. Puristinnappi valmistuspiirustus (Liittyy Puristustyökaluun)
- Liite 10. Asennusalusta Puristustyökalulle (Liittyy Yleispuristimeen)
- Liite 11. Suojaputki Puristustyökalulle (Liittyy Yleispuristinmeen)
- Liite 12. Röntgenlaitteen toimintaperiaatekuvio (Liittyy XRF-tekniikkaan)




Liite 1. Puristustyökalun kokoonpanopiirustus (Liittyy Yleispuristimeen)

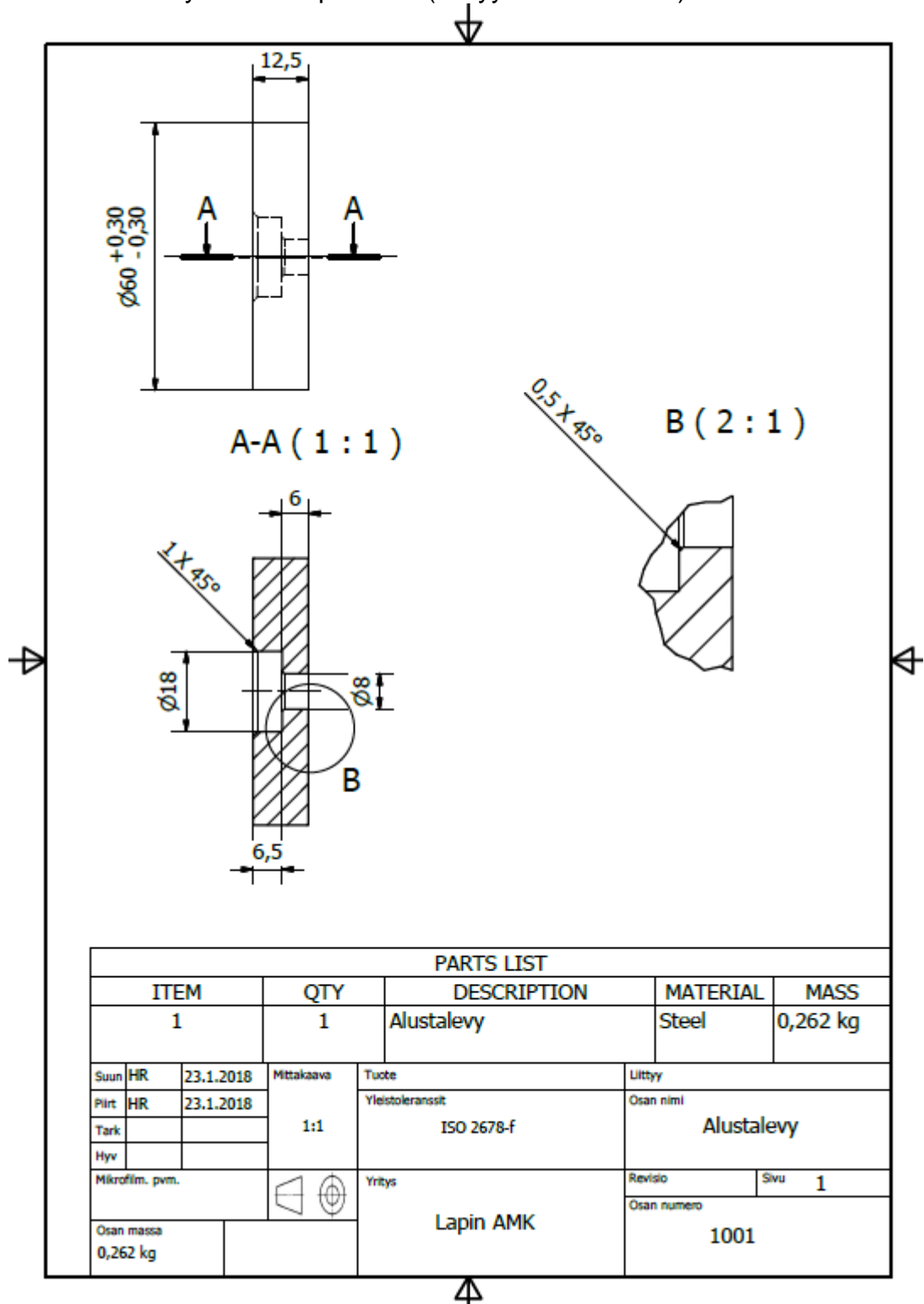


Liite 2. Alusta-osan kokoonpano (Liittyy Puristustyökaluun)

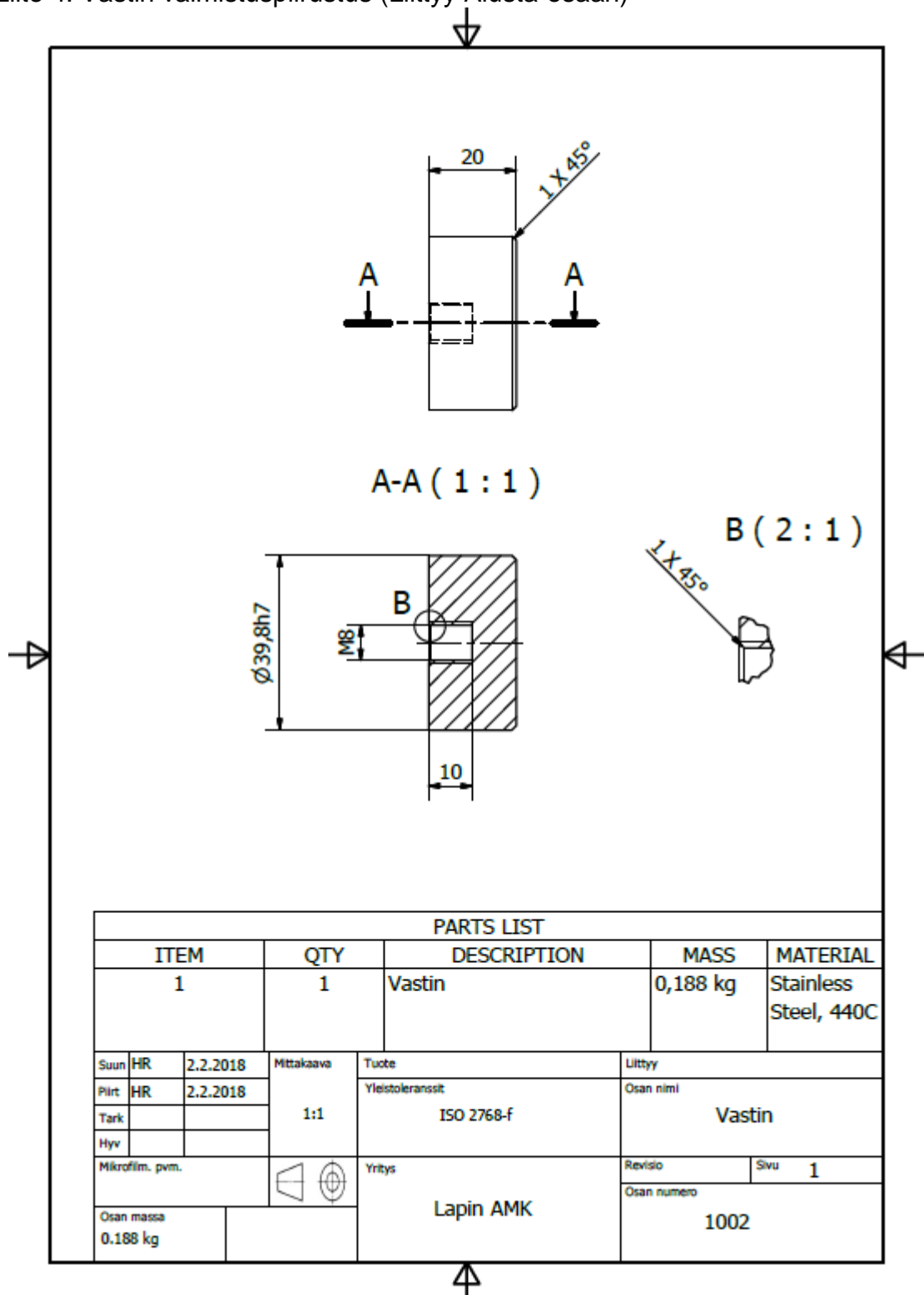


PARTS LIST						
ITEM			QTY	DESCRIPTION		MATERIAL
3			1	Vastin		Stainless Steel, 440C
2			1	Alustalevy		Steel
1			1	ISO 4017 - M8 x 16		Steel, Mild
Suun	HR	29.1.2018	Mittakaava  1:1	Tuote		Liittyy
Piirt	HR	29.1.2018		Yleistoleranssit		Osan nimi
Tark				ISO 2768-f		Alusta-osa
Hyv						
Mikrofilim. pvm.				Yritys		Revisio
Osan massa 0,462 kg				Lapin AMK		Sivu 1
					Osan numero 7002	

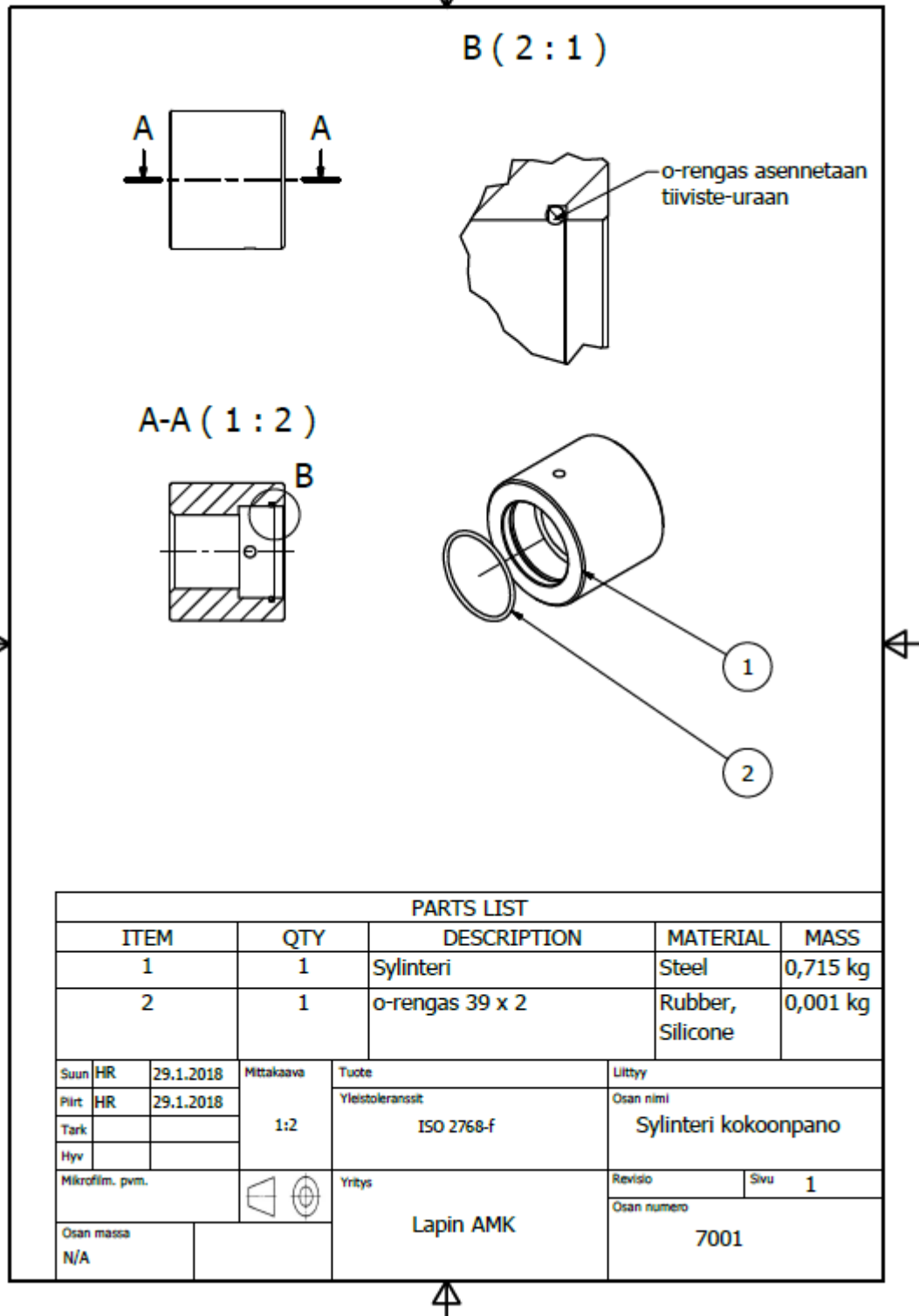
Liite 3. Alustalevy valmistuspiirustus (Liittyy Alusta-osaan )



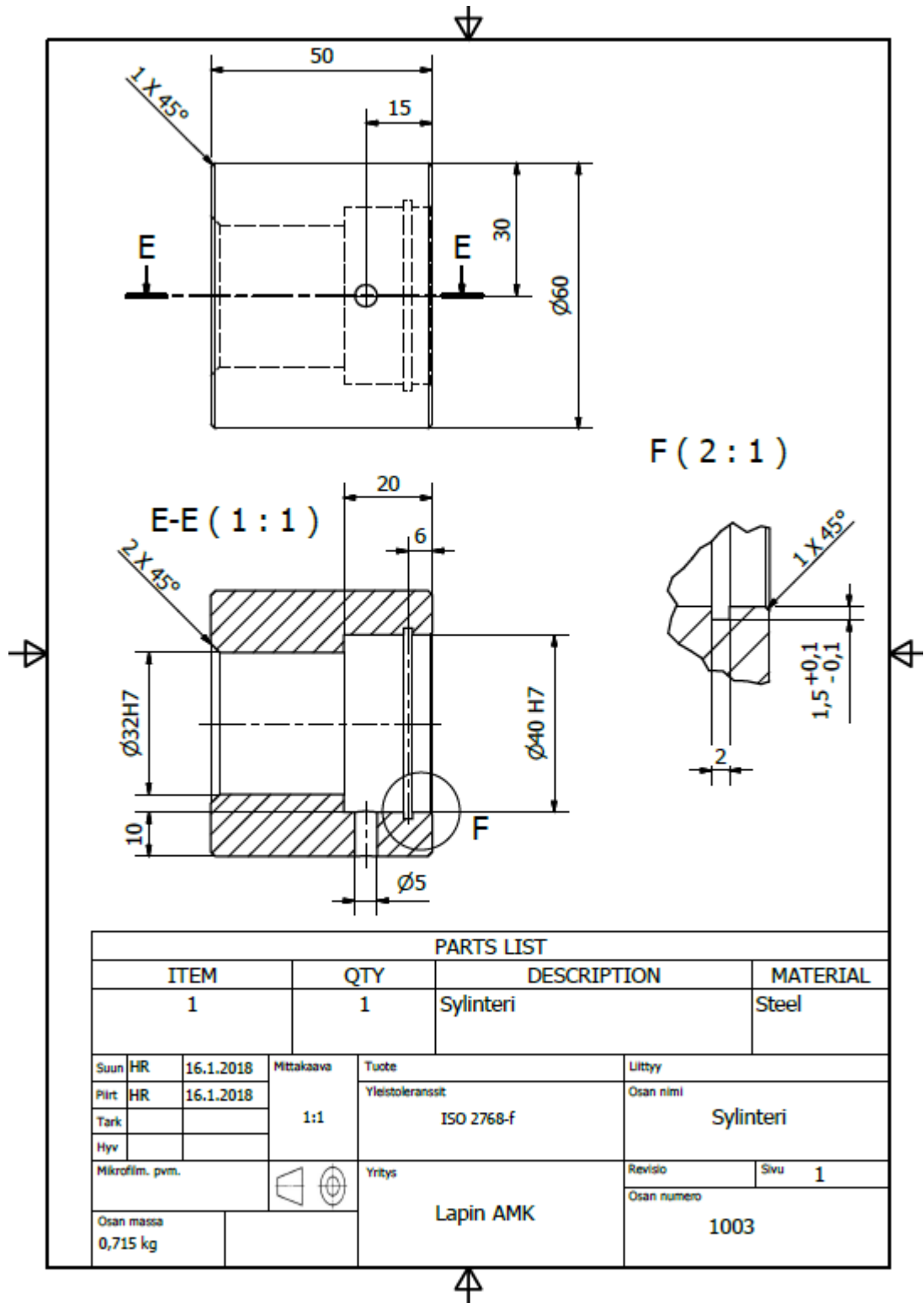
Liite 4. Vastin valmistuspiirustus (Liittyy Alusta-osaan)



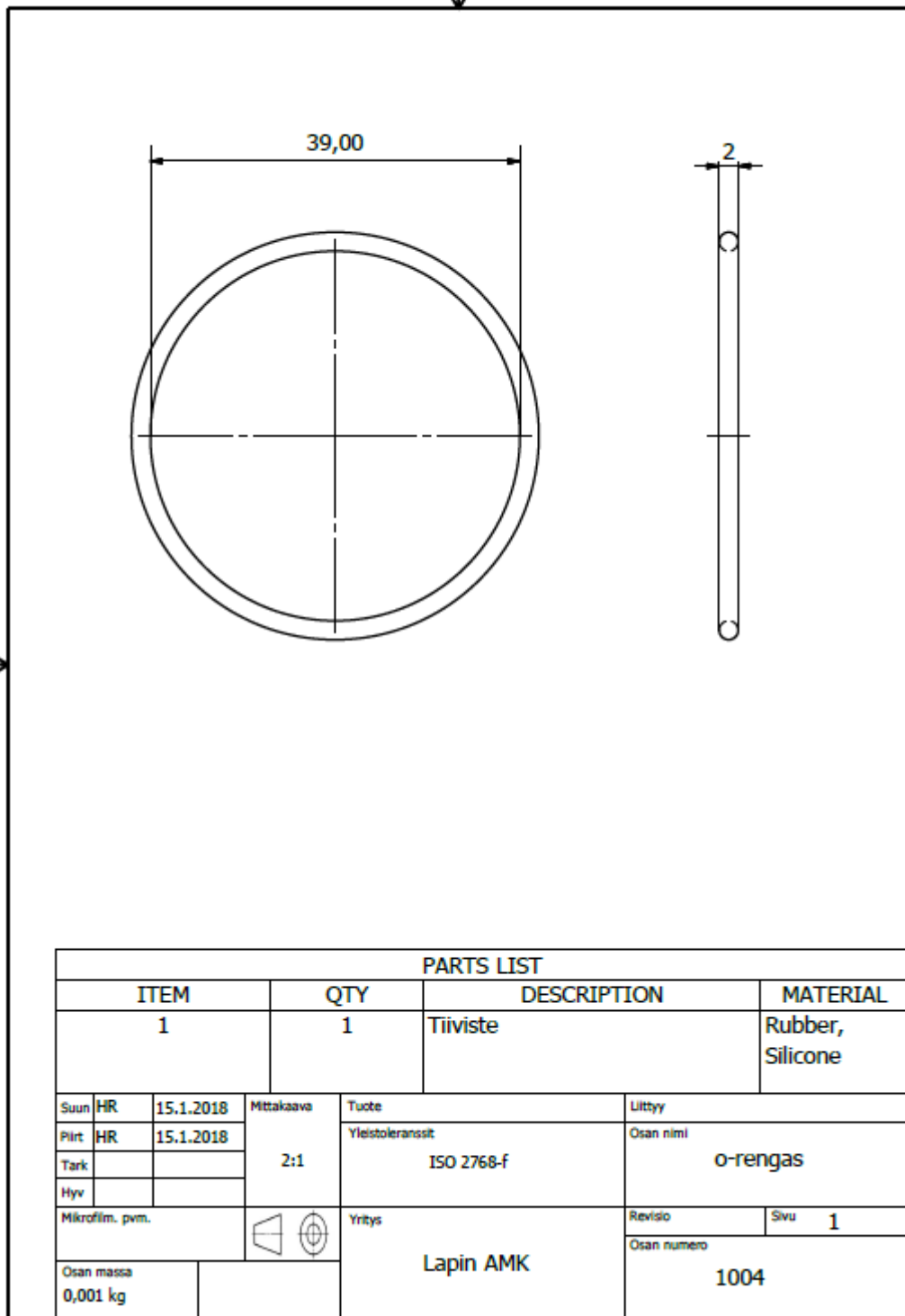
## Liite 5 Sylinterin kokoonpano (Liittyy Puristustyökaluun)



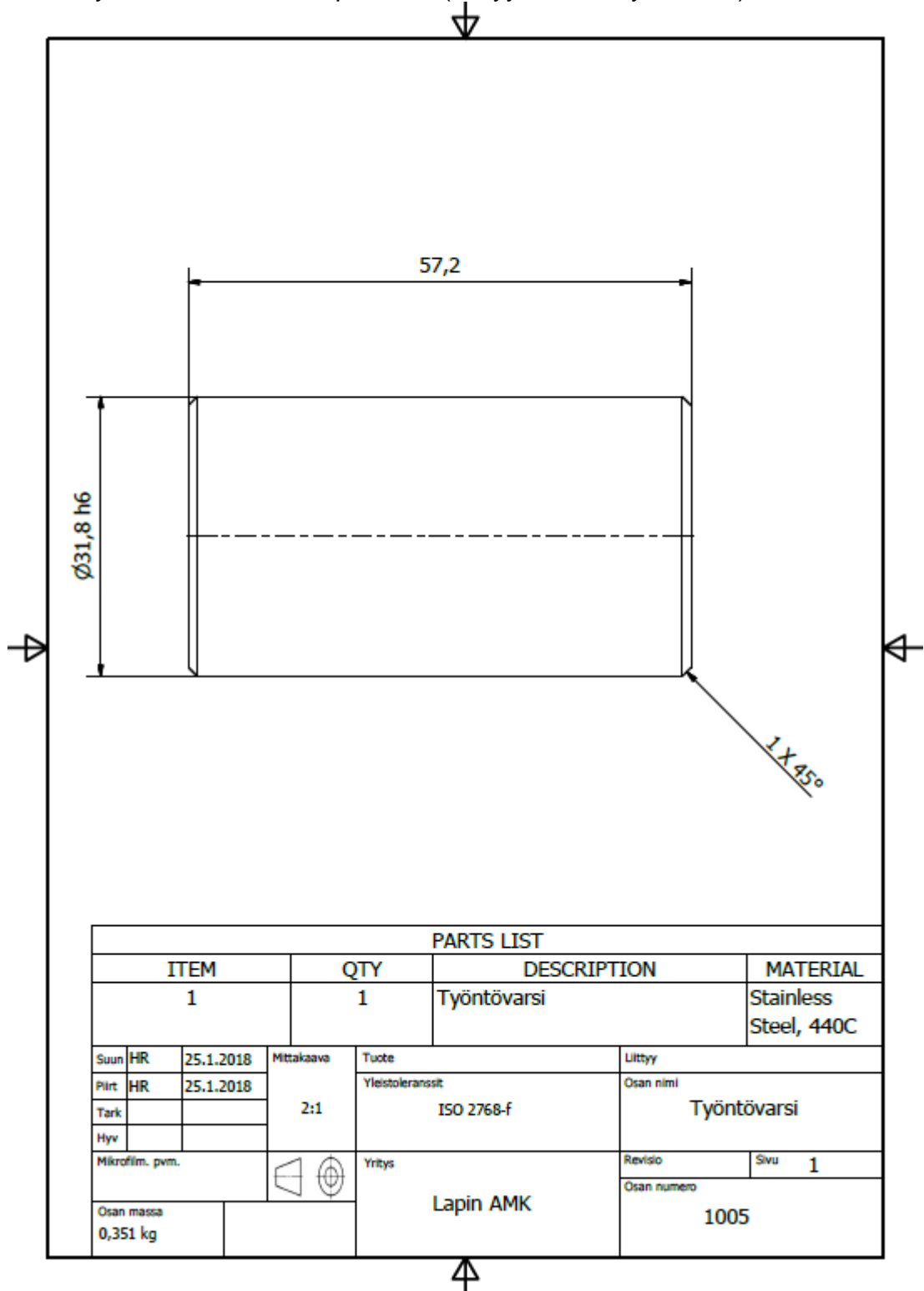
Liite 6. Sylinteri valmistuspiirustus (Liittyy Sylinterikokoonpano )



## Liite 7. O-rengas (Liittyi Sylinterikokoonpano)

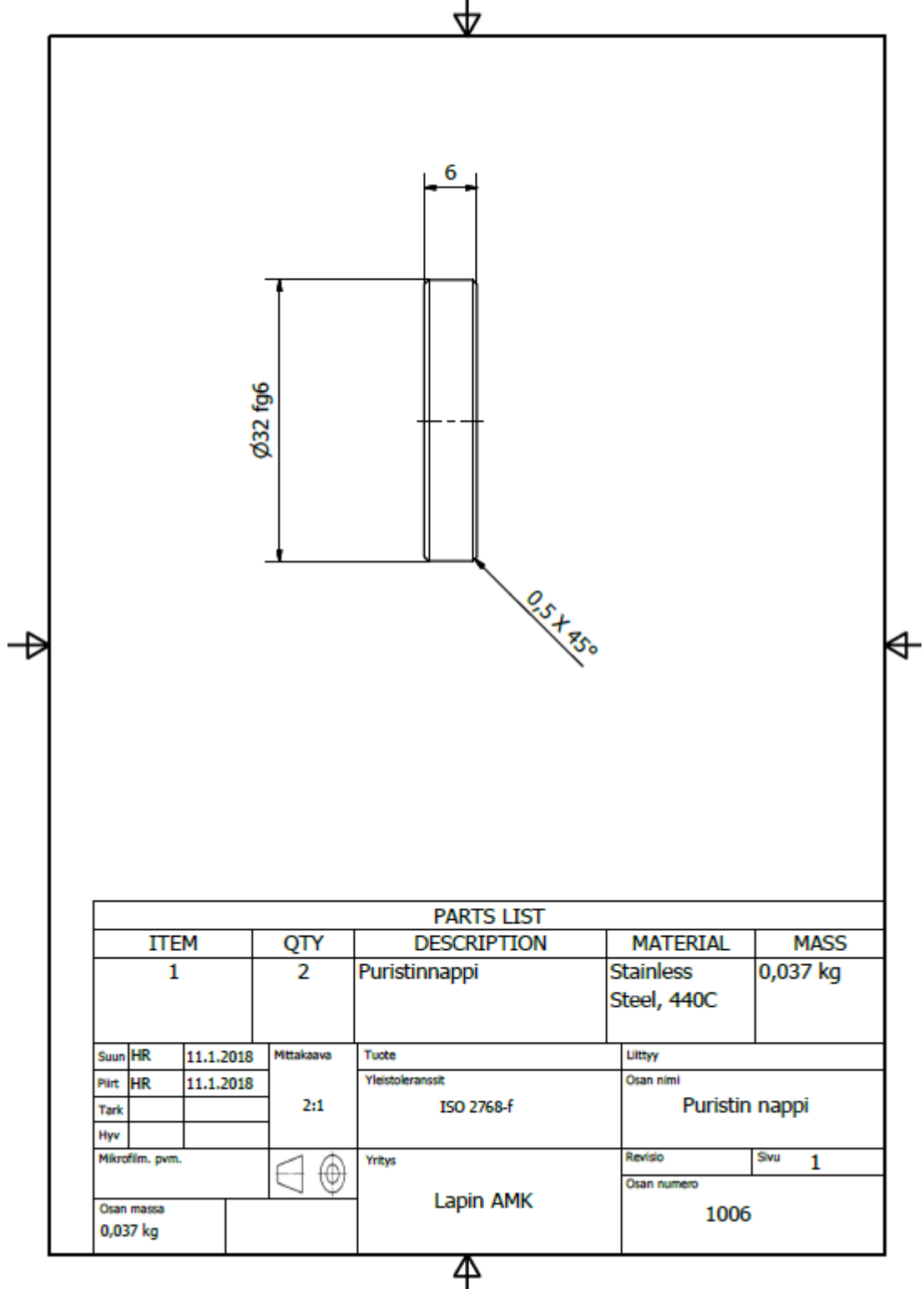


Liite 8. Työntövarsi valmistuspiirustus (Liittyy Puristustyökaluun)

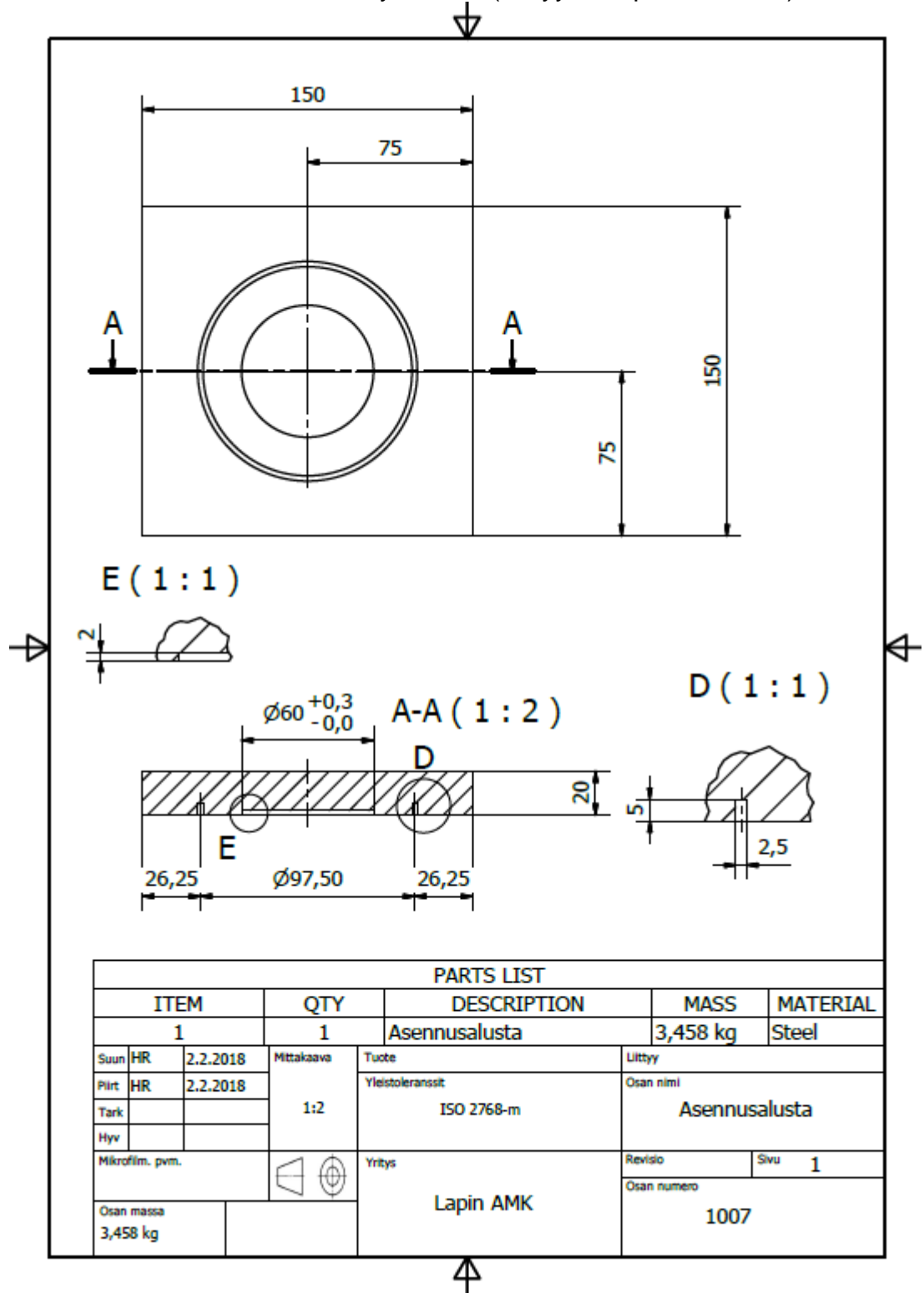




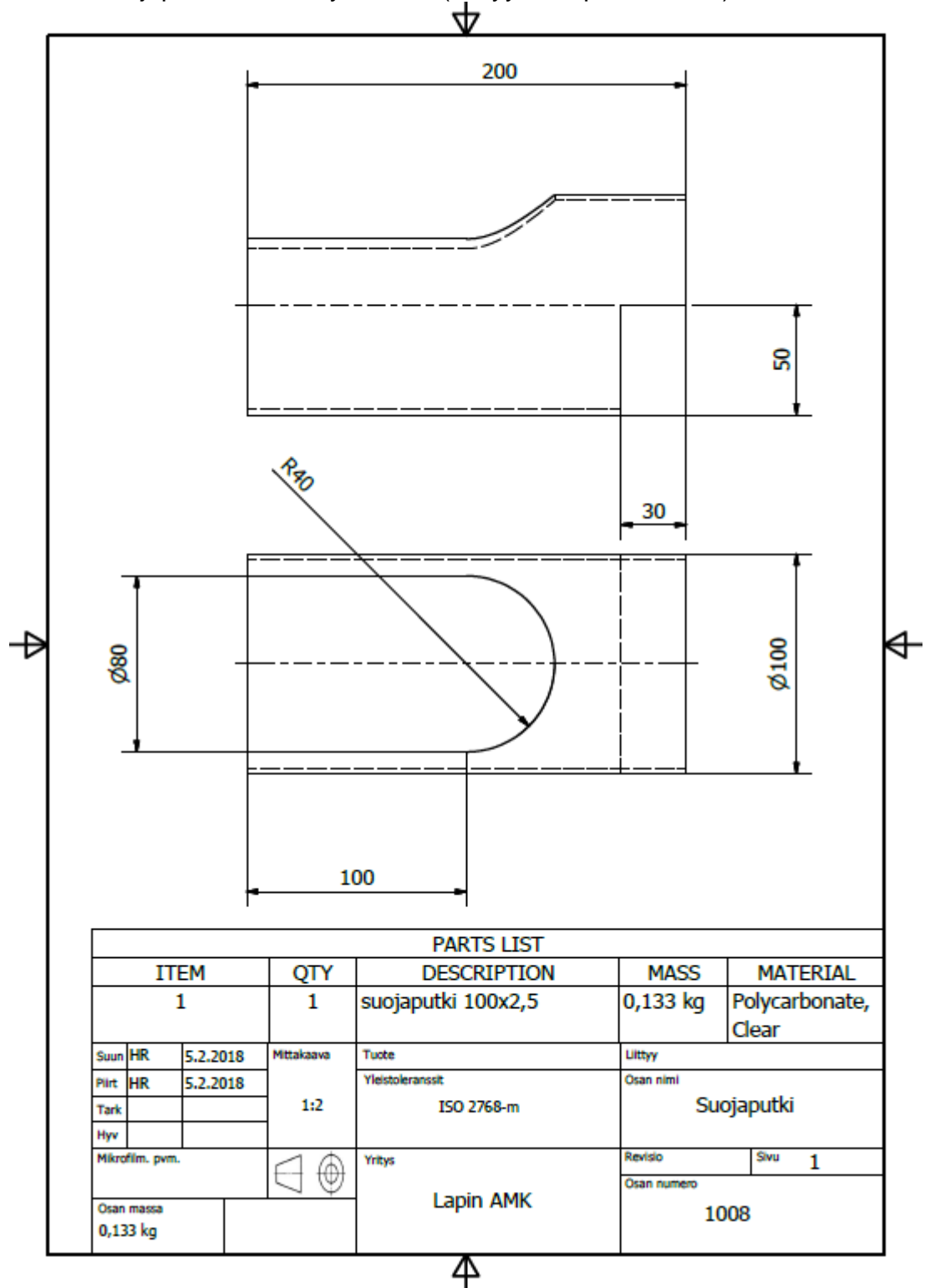
Liite 9. Puristinnappi valmistuspiirustus (Liittyy Puristustyökaluun )



Liite 10. Asennusalusta Puristustyökalulle (Liittyy Yleispuristinmeen)



Liite 11. Suojaputki Puristustyökalulle (Liittyy Yleispuristimeen)



Liite 12. Röntgenlaitteen toimintaperiaatekuvio (Liittyy XRF-teknikkaan)

